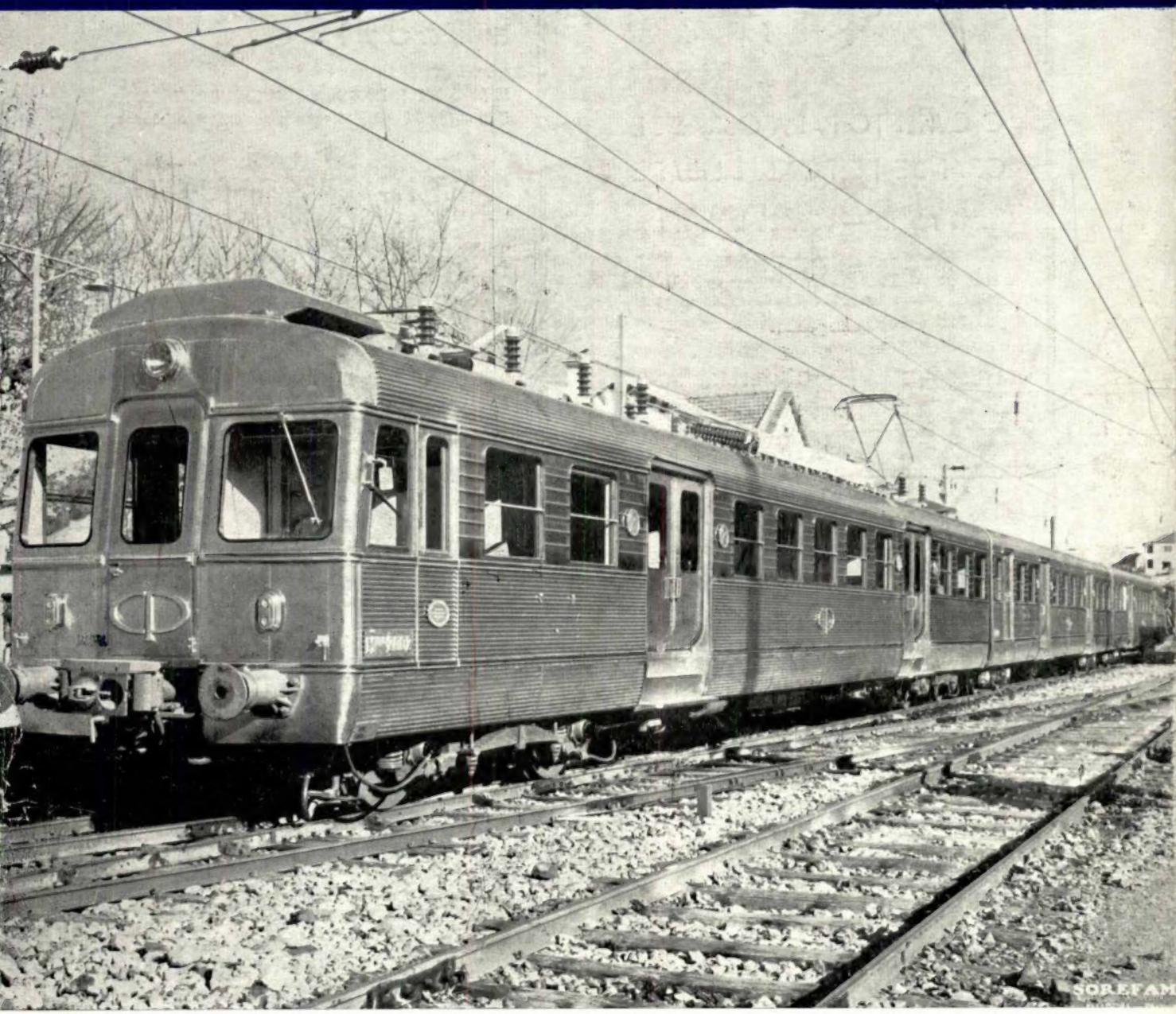
TÉCNICA



REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I. S. T.

N.º 269-FEVEREIRO-1957

CIMENTO SECIL

O CIMENTO PARA OBRAS DE GRANDE RESPONSABILIDADE

4 fornos rotativos — 300.000 toneladas anuais

Fábrica no Outão — Setúbal

Lisboa — Rua do Comércio, 56-3.º

Desde o Distrito de **VIANA DO CASTELO** ao de **LEIRIA** e nos Distritos de **SETÚBAL** e **ÉVORA** as

FÁBRICAS
CIDADES
VILAS e
ALDEIAS portuguesas

são abastecidas de

ELECTRICIDADE

para

FORÇA MOTRIZ E TODOS OS USOS INDUSTRIAIS, LUZ, ETC., a TARIFAS MUITO VANTAJOSAS e com as **maiores facilidades**,

pela

UNIÃO ELECTRICA PORTUGUESA

e produzidas nas CENTRAIS:

Thérmica do FREIXO .... 22.000 CV
Hidráulica do LINDOSO... .... 100.000 CV
Thérmica da CACHOFARRA... 14.000 CV

Os Escritórios da UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA são:

NO PORTO Rua Duque de Loulé, 148
EM LISBOA Rua Rosa Araújo, 35

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 42
TELEF. 47812-50129
LISBOA

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXI - N.º 269 Fevereiro de 1957

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR

JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO

ADMINISTRADOR

CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA

SECRETÁRIO

RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

REDACTORES

JORGE AZEVEDO CIPRIANO

JOÃO MARTINS DE CARVALHO

MANUEL VAN'HOFF RIBEIRO

ORLANDO D'ALMEIDA PEREIRA

★

NUMERO AVULSO 12$50

ASSINATURAS:

	3 N.os	5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	32$50	50$00	95$00
Ultramar Português e Espanha	—	55$00	100$00
Estrangeiro	—	60$00	110$00

★

EDITOR E PROPRIETÁRIO

ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

★

COMPOSTO E IMPRESSO NA

Tip. JORGE FERNANDES, L.DA

RUA CRUZ DOS POIAIS, 103

LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Uma das 25 unidades triplas automotoras adquiridas pela Companhia dos Caminhos de Ferro Portugueses para a primeira fase da electrificação.

Sistema monofásico, 25.000 volts, 50 ciclos; lotação: 500 passageiros; Velocidade máxima: 90 km/hora; possibilidade de acoplamento até 30 unidades triplas; freios pneumáticos; tara: 117 toneladas; caixas de aço inoxidável.

Execução pelo «Groupement d'étude et d'Electrification de Chemins de Fer en Monophasé 50 Hz», que inclui as SOCIEDADES REUNIDAS DE FABRICAÇÕES METÁLICAS, LDA — Amadora, a quem coube o projecto e construção das caixas equipadas dos veículos.

Págs.

Missão e formação do Engenheiro Químico

Pelo Eng.º Manuel Frias de Almeida e Sá 279

Utilidade e bases do controle do betão

Pelo Eng.º Henrique Novais Ferreira 289

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e consumo de energia na rede eléctrica nacional** . . . . . 310 e 324

Fórmulas de encurvadura para o dimensionamento de postes metálicos

Pelo Eng.º João d'Arga e Lima 311

Lógica simbólica

Pelo Eng.º António Gouvêa Portela 325

Aplicação de silicones à lavagem de benzol

Pelo Eng.º Pacheco de Carvalho 333

Do Mundo Técnico 342

Biblioteca 345

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SAO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

A

Pág.

Agência Comercial, Ltd.ª XLII
Agência Geral de Material Eléctrico, Ltd.ª X
A. Gestetner, Ltd.ª XXXV
Alfredo Alves XLI
António Baró XLIII
Azevedo & Pessi, Ltd.ª XLIV

B

Blackwood Hodge IV
Bouhon & Irmão, Ltd.ª XXXV

C

Canelas & Figueiredo, Ltd.ª XIII
Cekop – Empr. de Comércio Externo XVII
Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . VI
Companhia «Cimento Tejo» XXXVIII
Companhia União Fabril XIX
Construções Técnicas, Ltd.ª IX
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VIII e XXIX

E

Edmond Dardel II
Elektrim — Sociedade Polaca XXIV
Electro-Arco, Ltd.ª XXXV
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XV
Empresa Electro Cerâmica VI
Empresa de Produtos Asfálticos . . . XLIII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Eng.º Augusto Cavaco XXXIV
Estabelecimentos Herold, Ltd.ª . . . XXXII

F

Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, Ltd.ª XXX
Fábrica Portugal XXXIX

G

Guedes & Santos Silva, Ltd. XXXVI

H

Heliaço, Lda. XV
Henriques & Castro, Ltd.ª IX

I

INEL XXVII
IST XXXV

J

Jayme da Costa, Lda. XXI
J. J. Gonçalves, Sucrs. XLII

L

Pág.

Leacock (Lisboa), Ltd.ª XI

M

Mabor XXXVI
Manil XXXIII
Máquinas de Precisão, Ltd.ª XLIV
Metalexport XX
Minex – Empresa Polaca XIV
Monteiro Gomes, Ltd.ª . . XXXVII e XLV

N

Nordberg XXXI

P

Papelaria Fernandes XVI
P. Bellasi XII
Philips Portuguesa XXII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

Saint-Gobain XXVI
Schroeter e Almeida XXXIV
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XXIII
SKF XXII
Sociedade Avanço, Lda. XXVI
Sociedade Comercial Luso-Columbia XXXIV
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade de Electricidade Brown Boveri . . . . . 4.ª da capa
Sociedade Ericsson de Portugal, Ltd.ª XLII
Sociedade Fabril de Matérias Plásticas XVIII
Sociedade Portuguesa Cavan . . . . 2.ª da capa
Socotel . . . . . V e XXV
SOMEC XXXVIII
Sondagens Ródio, Ltd.ª XXXVI
SOPECATE XLIII
Standard Eléctrica VII

V

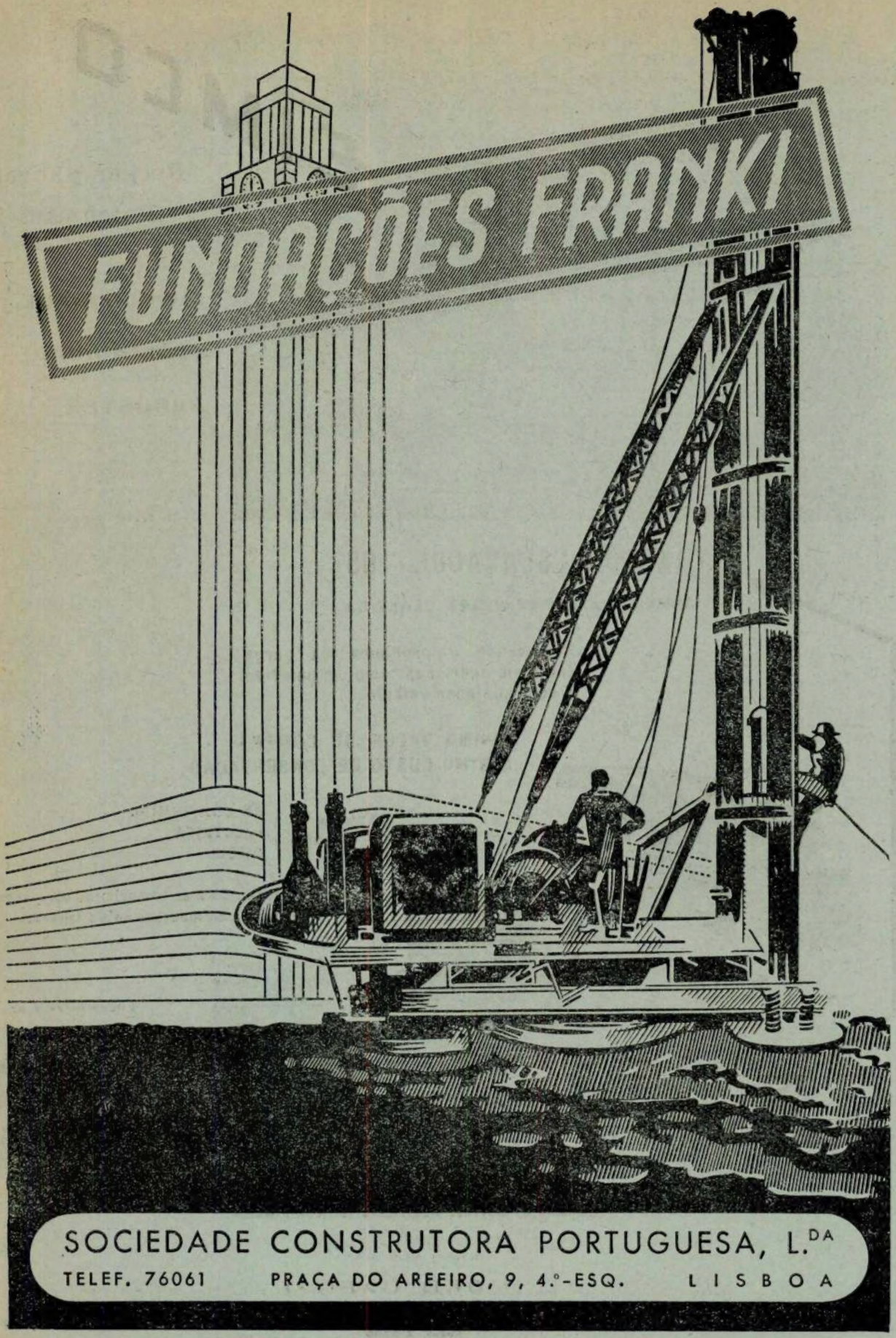
Varimex — Sociedade Polaca XL
V. T. Martins XXXIII

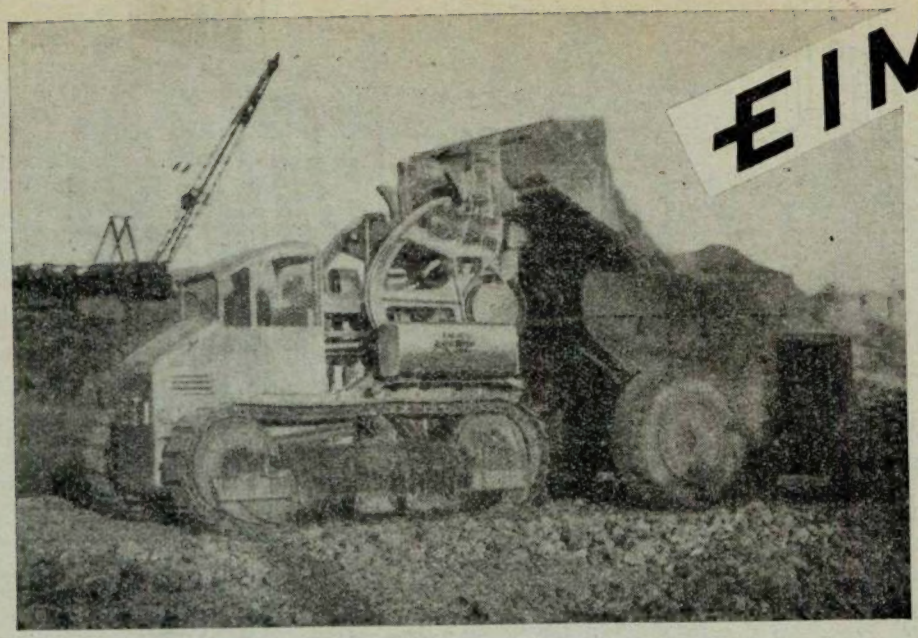
U

União Eléctrica Portuguesa . . . . . 2.ª da capa

W

W. Zeiger . . . . . XXVI e XXXVI


FUNDAÇÕES FRANKI
SOCIEDADE CONSTRUTORA PORTUGUESA, L.DA
TELEF. 76061
PRAÇA DO AREEIRO, 9, 4.º-ESQ.
LISBOA



EIMCO

Rocker Shovel
Patenteado

SIMPLICIDADE

COMPACIDADE

ROBUSTEZ

peso 17.000 kg
balde 1.110 litros

TRACTOR ESCAVADOR 105

ATÉ AO

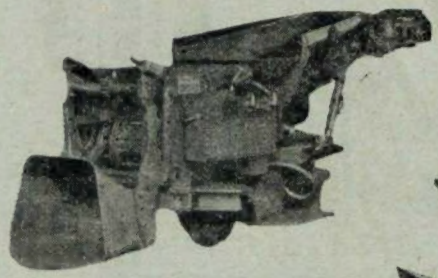
SUPERIOR A ESCAVADORA CLÁSSICA

Resolvendo o problema da carga tanto em pedreiras como em galerias e com qualquer veículo

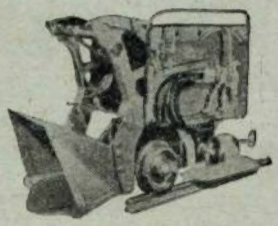
MÍNIMO VALOR DE COMPRA
MÍNIMO CUSTO DE CONSERVAÇÃO

ENERGIA pouco consumo { AR COMPRIMIDO / ELÉCTRICA / DIESEL

ao modelo 21 a ar comprimido corresponde o modelo 630 montado sobre lagartas



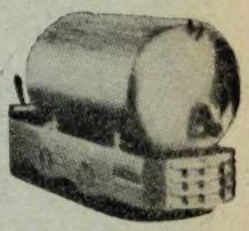
Modelo 40



Modelo 21

Modelo 12-B

Locomotiva a ar



TODA A GAMA DE CARREGADORAS SUBTERRÂNEAS

Milhares de unidades trabalhando em todo o Mundo

•

AGENTE EXCLUSIVO

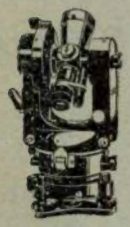
EDMOND DARDEL

Rua Rodrigues Sampaio, 19-4.º-B — LISBOA

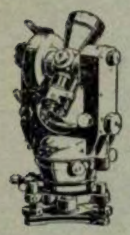
Telef. 4 2289

T. 12
Teodolito portátil

T. O
Teodolito-bússola



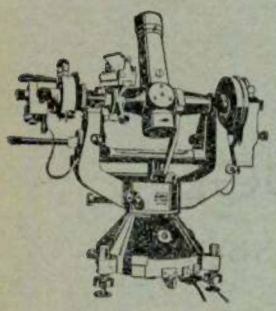
T. 16
Teodolito de leitura directa



T. 1
Teodolito repetidor c/ micrómetro

T. 2
Teodolito universal

T. 3
Teodolito de grande precisão



T. 4
Teodolito astronómico

TEODOLITOS

WILD
HEERBRUGG

MÁXIMA PRECISÃO

DENTRO DE CADA CATEGORIA, ASSEGURADA PELAS SEGUINTES CARACTERÍSTICAS:

Robustez inexcedível, obtida pelo emprego dos materiais apropriados.
Óptica moderna, anti-reflectora, da mais alta luminosidade e poder separador.
Manejo simples, fácil e cómodo, desde a embalagem às rectificações.

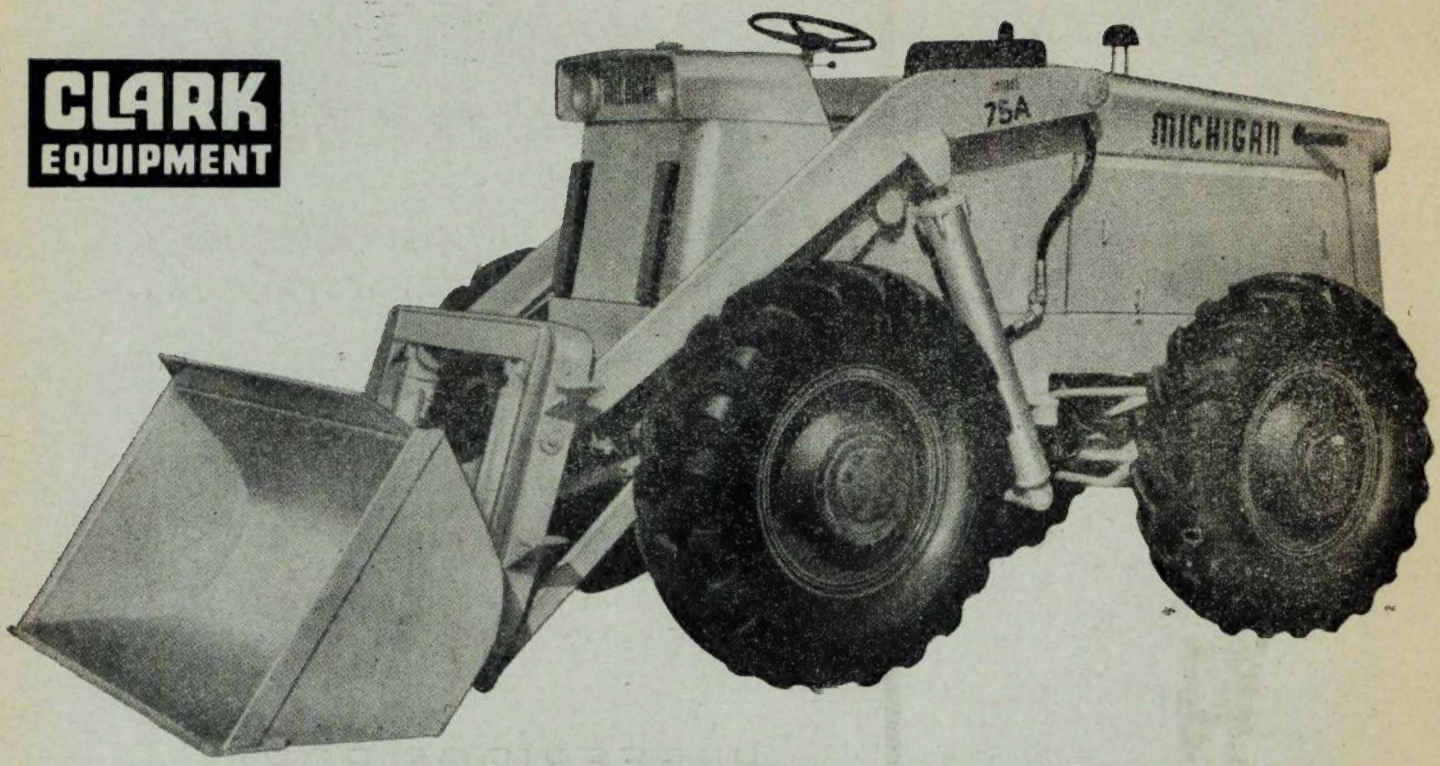
PREFERIDOS POR:

Inst. Geográfico e Cadastral
Serv. Geográficos do Ultramar
Câmaras Municipais
Missões Geográficas
Missões Hidrográficas
Missões Hidráulicas
Empresas Hidro-Eléctricas
Empreiteiros e Construtores

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA
R. DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75 — LISBOA
TELEFONE: 24314 • TELEGRAMAS: TECNA

tracto-carregador

CLARK
MIGHIGAN
U. S. A.



Mais «EXTRAS» são «STANDARD» no MICHIGAN do que em qualquer outro tracto-carregador.

- DOIS FARÓIS DIANTEIROS PLENOS DE LUZ
- MUDANÇAS DE TRANSMISSÃO SEMI-AUTOMÁTICAS
- CONVERSOR DE BINÁRIO — NÃO TEM EMBRAIAGEM
- MOVIMENTO DE BALDE INDEPENDENTE DA LANÇA
- CONTA HORAS DO MOTOR
- FILTROS DE ÓLEO PARA O MOTOR E CONVERSOR
- DOIS FARÓIS TRASEIROS
- DIRECÇÃO COM AJUDA HIDRÁULICA
- DESMULTIPLICAÇÃO NOS CUBOS DAS RODAS
- INDICADOR DA POSIÇÃO DO BALDE

Motor Diesel 80 CV. — Duas velocidades de trabalho e duas de marcha, quer para a frente quer para trás — direcção às rodas traseiras — todas as rodas motoras — pneus 14 : 00 × 24 tipo terraplanagem — balde de 1 jarda cúbica, etc., etc.
Tudo isto torna o Michigan no campião de todos os tracto-carregadores de rodas ou de lagartas.

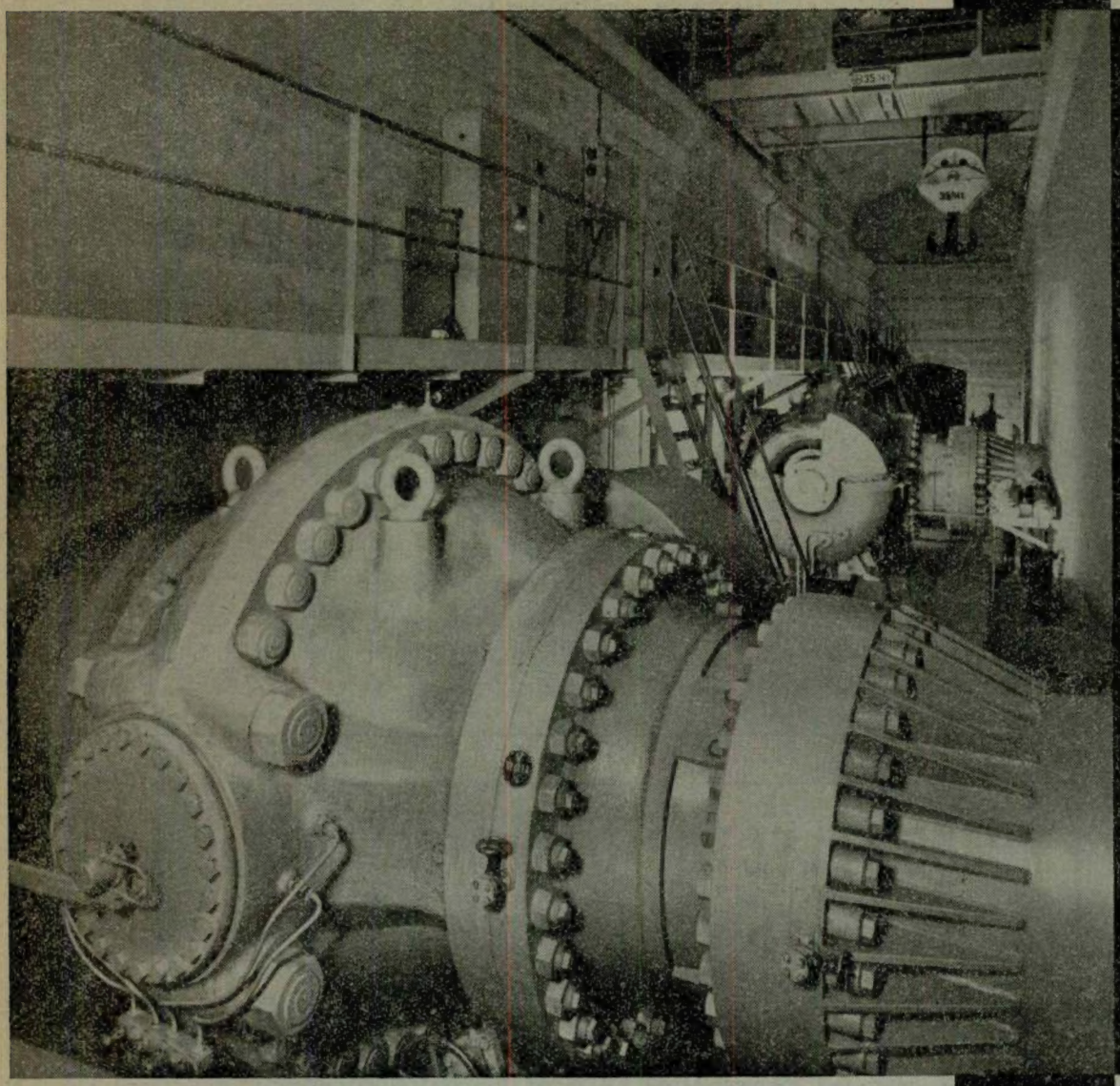
DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS :

BLACKWOOD HODGE

AV. ALMIRANTE REIS, 247 — LISBOA

Telef. 72 59 48 - 72 59 84

Equipamentos para Centrais Hidroelectricas



Casa das válvulas com válvulas esféricas funcionando como obturadores de turbinas, numa central hidroelectrica suiça

DE ROLL

Société des Usines de
Louis de Roll S.A., Fábricas em
Gerlafingen, Klus, Choindez,
Rondez, Olten, Berne (Suiça)

Representantes em Portugal:
Socotel, Lda.
Rua Sá da Bandeira, 651-4°. Esq.
Porto — Telef. 27013

Instalações completas para barragens; guindastes, guinchos e pontes rolantes; máquinas para limpesa das grades de retenção; comportas de todos os tipos; órgãos de obturação para condutas forçadas: válvulas esféricas com comando por êmbolos giratórios, válvulas-borboleta, válvulas de cunha, válvulas de gaveta anular para regulação de caudais, válvulas automáticas de segurança em caso de ruptura das condutas, válvulas de descarga de fundo; funiculares e teleféricos para o transporte de pessoas e mercadorias; máquinas de estaleiro para a construção de barragens: transportadores, britadores, crivos seleccionadores vibradores, lavadores; betoneiras; projecto de instalações completas de transporte, britagem, crivagem e lavagem.

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

EMPRESA ELECTRO CERÂMICA — S. A. R. L.

Candal — Gaia

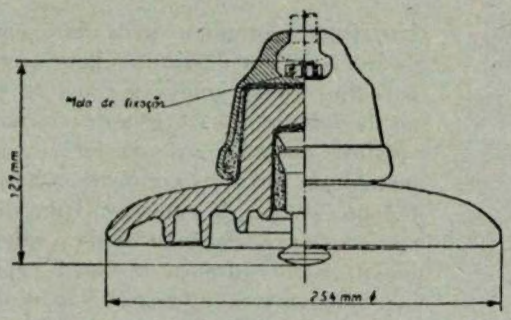
ISOLADORES DE CADEIA

Para suspensão

Tipo ACS 25

Este isolador é igual ao tipo I. B. S. 99 da firma inglesa Taylor Tunnicliff & Co., Ltd., por acordo com a qual o fabricamos

Peso aproximado:
4,3 kg cada elemento



Materiais

Porcelana vidrada em castanho.
Campânulas de ferro fundido maleável, galvanizadas por imersão a quente.
Hastes de aço macio galvanizadas por imersão a quente.
Molas de fixação de bronze fosforoso.

Sede — Largo Barão de Quintela, 3 — LISBOA

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

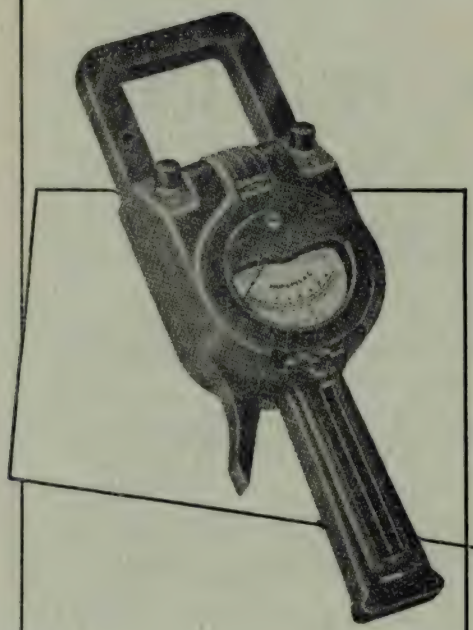
Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — LISBOA

TEL. 63 81 71/6

telefones · rádio · cabos

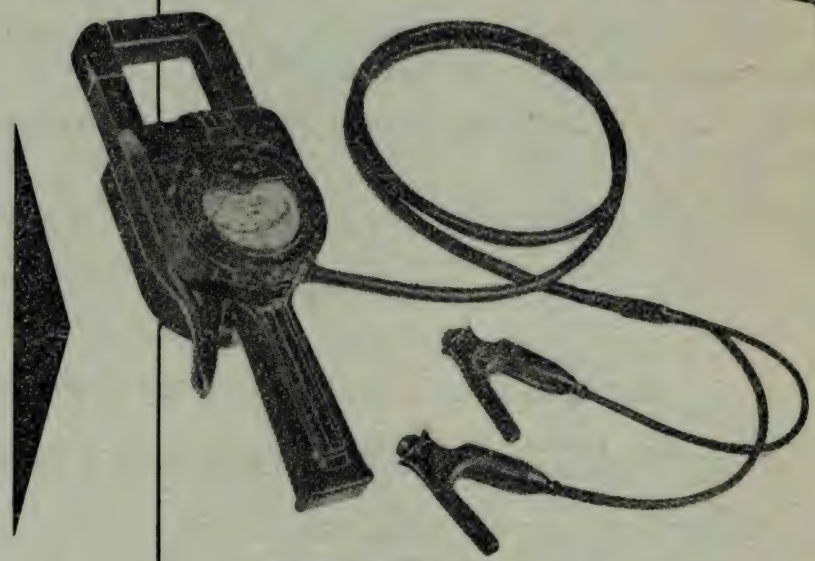
PINÇAS
FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 — 10 AMPS.	0 — 150 V
0 — 25 »	0 — 600 »
0 — 100 »	
0 — 250 »	
0 — 1000 »	



PINÇA
WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

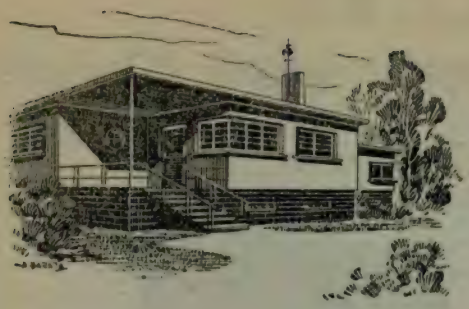
0 — 3 KW
0 — 6 »
0 — 12 »
0 — 30 »
0 — 60 »
0 — 120 »
0 — 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO



APRESENTA EM TODO O MUNDO
UM PRODUTO À BASE DE CIMENTO

EMBELESADOR
PETRIFICANTE
HIDRÓFUGO

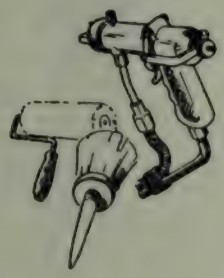
DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL E ULTRAMAR:

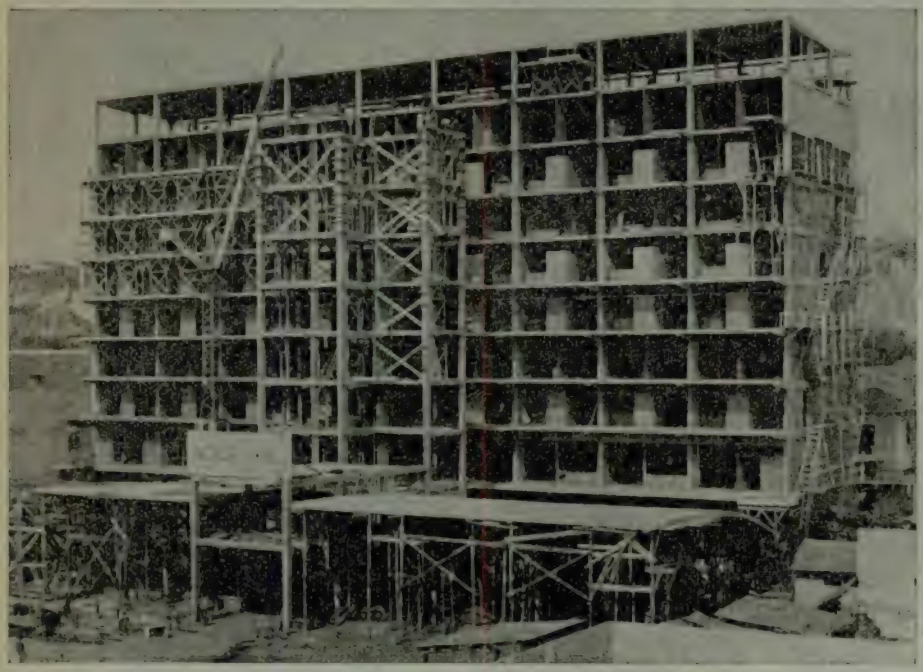
HENRIQUES & CASTRO, Lda.

Av. Conde de Valbom, 96
LISBOA

Tele { gramas: HENRICASTRO
fones 77 50 57 - 77 50 58

APLICAÇÃO
FÁCIL





EDIFÍCIO EM LUANDA PARA CIRILO & IRMÃO, LDA.
Estrutura de betão armado. Pavimentos e cobertura de vigotas de betão armado, pré-fabricadas, sistema «Bisão»

Construções Técnicas, L.da

Praça do Município, 13, 3.º
LISBOA
Telefone 2 2344

FUNDAÇÕES
BETÃO
ARMADO
OBRAS
PÚBLICAS

DELLE

Ateliers de Constructions Electriques de la Compagnie Générale d'Electricité

DELEGADOS

AGÊNCIA GERAL DE MATERIAL ELÉCTRICO, L.DA

Rua dos INDUSTRIAIS, 4, 1.º (às Cortes) // LISBOA // Telefs. 66 06 92 - 66 60 82 - 66 06 04

LEACOCK (LISBOA), L.DA

AV. 24 DE JULHO, 16 — LISBOA

R. JOSÉ FALCÃO, 185 — PORTO

SECÇÃO DE MÁQUINAS E ELECTRICIDADE

REPRESENTANTES DE:

THE RAWLPLUG COMPANY, LTD.
Material de fixação para construção civil e mecânica.

HOOVER, LTD.
Motores eléctricos desde 1/8 até 3/4 H. P., Monofásicos e Trifásicos.

VERITYS, LTD.
Motores eléctricos desde 1 até 125 H. P

J. A. CRABTREE & CO. LTD.
Material para instalações de luz: interruptores, fichas, tomadas, etc.
Material para instalações de força: arrancadores, disjuntores, caixas, etc.

TRANSFORMERS & WELDERS, LTD.
Transformadores de todos os tipos até à potência de 3000 K. V. A. e até à tensão de 33000 Volts.

BARTON CONDUITS, LTD.
Tubo de aço para instalações eléctricas.

EDWARD MAC BEAN & CO. LTD.
Tubo, fita e pano de tela envernizada.

MEASURING INSTRUMENTS (PULLIN), LTD.
Amperímetros, Voltímetros, Frequencímetros, Wattímetros de todos os tipos e escalas.

F. PERKINS, LTD.
Motores Diesel marítimos.

THE AUTOMATIC COIL WINDER AND ELECTRICAL EQUIPMENT CO, LTD.
Osciladores, capacímetros, texts universais, texts electrónicos, analisadores de válvulas, luxímetros, expositores para fotografias.
Máquinas para bobinar e enfitar.

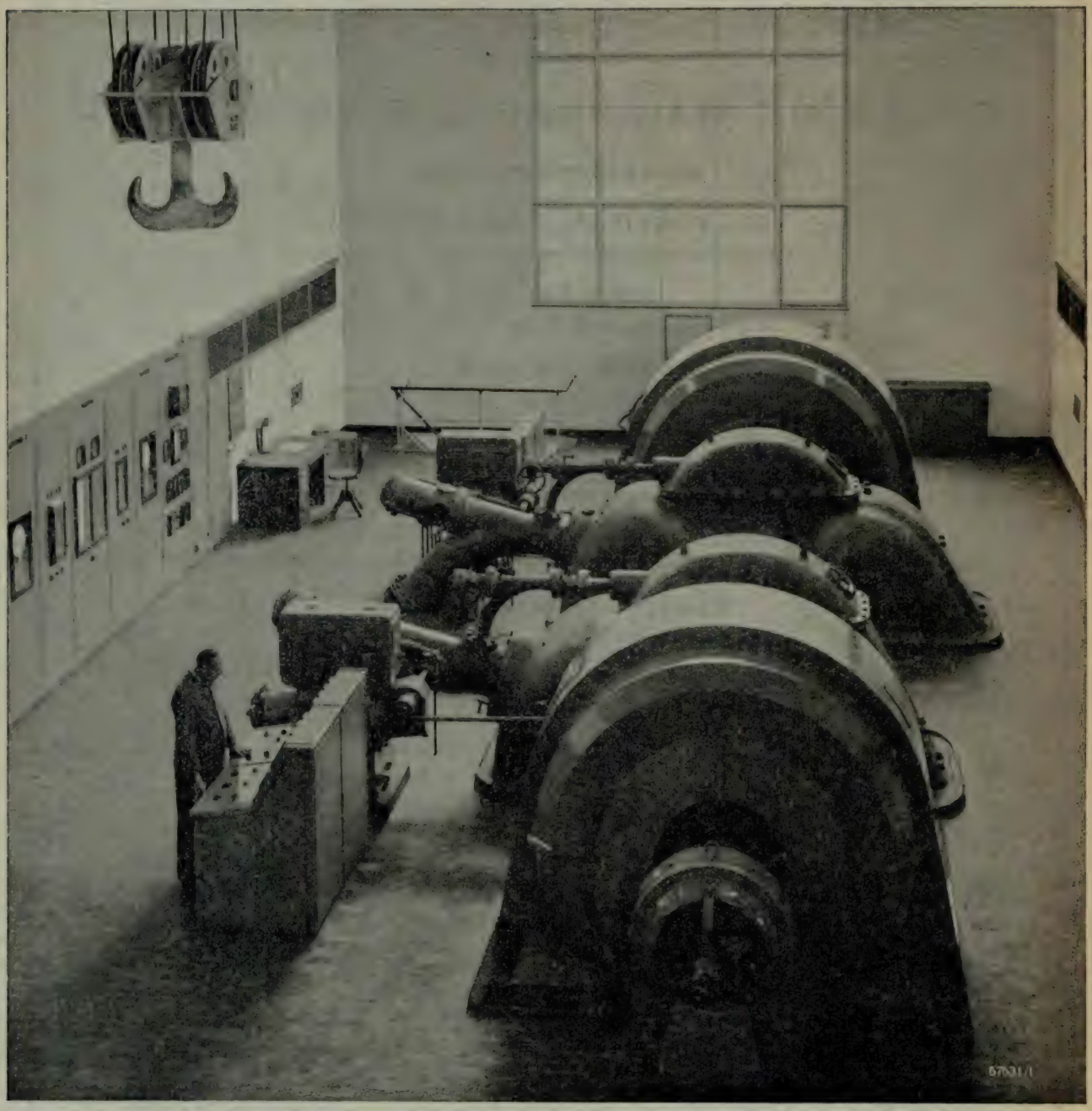
GEORGE KENT
Contadores de água, de vapor e de óleo.
Tubos Venturi
Determinadores e controladores do pH, do CO_2 e pirómetros pelo processo potenciométrico.
Combustiómetros, manómetros, registadores de distâncias, medidores-registadores de caudais, medidores de orifícios em condutas para gases.

THORN ELECTRICAL INDUSTRIES, LTD.
Luz fluorescente e rádios.

ELECTRIC PANELS, LTD.
Aquecimento eléctrico

OERLIKON

Máquinas e aparelhos eléctricos de todo o género



Grupo de alternadores de 13.000 e 6.500 kVA, 750 rot/min. na central de Fätschbach, Glaris (Suíça), da Nordostschweiz Kraftwerke A. G., Baden.

P. BELLASI

Rua Sá da Bandeira, 494-3.º • Telefone 21968 • PORTO

Representante geral para Portugal e Ultramar dos

ATELIERS DE CONSTRUCTION OERLIKON • ZURICH 50 • (SUÍÇA)

TÉCNICA

DIRECTOR: JORGE DO NASCIMENTO VALÉRIO
ADMINISTRADOR: CARLOS MANUEL DE MEDEIROS PORTELA
SECRETÁRIO: RICARDO MANUEL SIMÕES BAYÃO HORTA

Ano XXXII - N.º 269 Fevereiro de 1957

C. D. U. 378.962 [66] . 009

Missão e Formação do Engenheiro Químico

PELO ENG.º QUÍM.-INDUST. MANUEL FRIAS DE ALMEIDA E SÁ

Assistente do I. S. T.

1. Introdução

Precisamente sob o título que designa este artigo, reuniram-se em Londres, há pouco mais de um ano, 176 delegados oficiais de vários países europeus — Alemanha, Bélgica, Dinamarca, França, Grã-Bretanha, Grécia, Irlanda, Itália, Noruega, Países Baixos, Suécia e Suiça — além de mais de 200 «visitantes», incluindo personalidades destacadas da vida universitária e industrial dos Estados Unidos, União Sul-Africana, Austrália e daqueles países europeus. Tratava-se duma conferência patrocinada pela Agência Europeia de Produtividade da O. E. C. E. e organizada, em nome daquela pela «Institution of Chemical Engineers» em colaboração com o «Department of Scientific Research».

«A ideia desta conferência remonta ao relatório publicado em 1952 pela Organização Europeia de Cooperação Económica, intitulado «A Aparelhagem Química nos Estados Unidos»; este relatório foi estabelecido pela Missão de Assistência Técnica n.º 23, constituída por um pequeno grupo de peritos europeus enviados pela O. E. C. E. para estudar a questão da aparelhagem técnica nos Estados Unidos. Esta missão chegou à conclusão de que, se os Estados Unidos ocupam o primeiro lugar na indústria química há uns tantos anos, o devem numa grande parte ao desenvolvimento rápido da profissão de Engenheiro Químico e ao facto de, nos Estados Unidos, o governo e a indústria reconhecerem a importância desta profissão, o que é menos frequente na Europa» (1).

As comunicações apresentadas repartiram-se por 6 sessões:

1.ª) O papel do Engenheiro Químico como agente de ligação entre a investigação e a realização material nas fábricas;
2.ª) O papel do Engenheiro Químico na direcção e exploração das fábricas;
3.ª) Os cursos modelos de Engenharia Química;
4.ª) Outros tipos de cursos de Engenharia Química:
   a) Cursos para estudantes diplomados;
   b) Cursos a tempo parcial e exame criado pela «Institution of Chemical Engineers»;
5.ª) A formação prática do Engenheiro Químico antes e depois da sua entrada na indústria;
6.ª) A investigação em Engenharia Química: o seu campo e o seu futuro.

O relatório da Conferência (1) contém todas aquelas comunicações. Trata-se duma exposição

(1) «Projecto n.º 297», publicado pela Agência Europeia da Publicidade da O. E. C. E.

extensa, plena de opiniões de interesse, nem sempre completamente concordantes. Lembra, assim, um compêndio de Filosofia dos nossos tempos do liceu . . .

Este artigo tem por fim apresentar uma síntese, tanto quanto possível lógica, desse compêndio que é o relatório da Conferência, síntese essa apoiada nos pontos de encontro de maior «densidade» dessa rede de juízos.

Procura-se, assim, encontrar, sem preconcebimento, os principais traços actuais e os futuros rumos da profissão de Engenheiro Químico.

2. A Produtividade

Todo o problema económico de alguma importância tem que ser encarado, nos nossos dias, sob o ângulo da Produtividade do processo económico nele envolvido.

A produtividade dum determinado processo económico traduz-se quantitativamente pelo quociente do número de unidades produzidas ou circuladas pelo número de homens — hora envolvidos no processo, isto é, pelo produto do número de homens pelo número de horas, correspondentes ao processo ([2]). Esta definição, extremamente simplificada, é analisada de várias maneiras, que não se afastam, porém, da ideia básica que ela traduz.

Nada pode justificar outra directriz, na vida económica de uma nação de hoje, que a da procura duma Produtividade mais alta nos processos económicos existentes, bem como a criação de novos processos de alta Produtividade, se bem que a aceleração a imprimir neste sentido possa variar com os casos, em face da conjuntura económica particular.

Sabemos, de perto, como, entre nós, a Comissão Técnica de Cooperação Económica Externa (que funciona junto da Presidência do Conselho) se tem esforçado no sentido preconizado pela O. E. C. E. de aumentar a produtividade nos vários sectores da Economia Nacional e como tais esforços têm encontrado resistência no nosso meio, sem tradição industrial, de mentalidade individualista e de nível educatico médio baixo.

São os técnicos e, em primeiro lugar, os Engenheiros que têm o dever moral de criar e expandir uma mentalidade produtiva. Embora ainda se encontrem hoje pessoas que receiam o progresso técnico (talvez por deficiências de educação), tal atitude não é aceitável, em nome de qualquer princípio construtivo, em qualquer parte do Globo. Um técnico que tenha tais ideias está evidentemente falhado, em princípio, na sua Missão.

Foi devido ao papel importante que o Engenheiro Químico, pode desempenhar na resolução destes graves problemas que a Agência Europeia de Produtividade da O. E. C. E. resolveu patrocinar a Conferência.

A noção da Produtividade não é nova — sempre existiu, mais ou menos vagamente noutras épocas. Mas o seu estudo intensivo e generalizado e a sua importância são muito especialmente destas últimas décadas, em que a aceleração do progresso técnico tem aumentado e os problemas sociais têm uma importância primordial. Pode dizer-se que, em tempo, em espaço e em matéria, entrámos na Era do Finito.

Por estas razões pareceu conveniente salientar aqui a noção da Produtividade, até porque os trabalhos da O. E. C. E. e mesmo este artigo, neles apoiado, não poderão ser devidamente compreendidos, senão à luz desse novo e importante conceito, de perspectivas tão vastas.

Os problemas do estudo e aplicação da Produtividade situam-se em todos os graus da hierarquia técnico-económica da Empresa e em todas as Empresas. As conclusões a que se tem chegado constituem, já hoje, objecto de vasta bibliografia. Mas sai fora do âmbito deste trabalho dar-lhes aqui o devido relevo.

([2]) É mais simples e mais preciso substituir os «homens-hora» pelas horas, mas tal é menos corrente na Economia actual.

3. O Engenheiro Químico, Técnico e Coordenador

É difícil delimitar claramente as diferentes funções do Engenheiro Químico. O «National Roster of Scientif and Specialized Personnel» (americano), publicou a seguinte distribuição de Engenheiros Químicos pelos diferentes ramos da profissão, nos Estados Unidos, em 1952:

Investigação	30,6 %
Produção e manutenção	22,1
Direcção e administração	10,5
Inspecção, Ensaios, Controle	7,9
Elaboração de planos, construção, instalações	6,5
Serviços técnicos e comerciais	2,9
Professores de «Colégios» e Universidade	1,6
Peritos-consultores	0,6
Orçamentos	0,6
Artigos de revistas especializadas e livros	0,5
Diversos	16,2
	100,0

A profissão de Engenheiro Químico nasceu nos Estados Unidos e desenvolveu-se aí sem que tivesse havido na Europa evolução semelhante ou paralela. A indústria química alemã, por exemplo, tem funcionado com a colaboração de químicos e «engenheiros de produção» (Verfahrens-Ingenieurs) e ainda de engenheiros mecânicos, em alguns casos. O número de cadeiras de Engenharia Química existentes no Reino Unido, à data da Conferência, era de 6, apenas, embora com tendência para aumentar.

Foi só em 1923 que foram lançadas as bases para o ensino universitário do ramo Engenharia Química, como tal. Walker Lewis e MacAdams publicaram então os «Principles of Chemical Engineering», onde expunham em termos claros e concisos os princípios das operações fundamentais.

A estas bases ou princípios faltavam, contudo, quase todos os dados numéricos experimentais indispensáveis à respectiva aplicação. Com os resultados de numerosas investigações e graças ao contributo precioso de muitas teses de doutoramento, tal lacuna foi sendo sucessivamente preenchida. A sistematização dos princípios e dos dados experimentais foi compilada, periòdicamente, no «Chemical Engineers' Handbook», de Perry.

Foi esta estruturação permanente duma nova profissão que permitiu que o predomínio nas realizações da indústria química e indústria transformadora, em geral, passasse da Europa para a América. Os processos Solvay, Haber-Bosch e Fischer-Tropsch foram grandes realizações europeias que se podem considerar como criações independentes da Engenharia Química, (no sentido em que esta é hoje tomada); mas as grandes realizações recentes como a fluidificação, a destilação extractiva, a extracção por centrifugação e a hipersorpção são americanas, se bem que na Europa se tenham entrevisto.

Segundo as conclusões a que chegou a Conferência, o Engenheiro Químico não é, pròpriamente, um técnico com determinadas atribuições. É acima de tudo, o orientador e coordenador do progresso técnico duma indústria ou organização. A sua actividade é mola real do aumento de produtividade daquelas.

A actividade técnica do Engenheiro Químico abrange os domínios da Química Pura, da Química Aplicada, o estudo dos diagramas de funcionamento, o estabelecimento dos diagramas de instalação, a fixação da implantação, os estudos sobre as técnicas da Engenharia Química (correspondentes às diferentes Operações Unitárias, a que adiante se faz referência) e ainda vários pormenores da Técnica em geral. Os seus interesses técnicos são, pois, muito vastos.

Além da actividade técnica, o Engenheiro Químico deve ter (em maior grau do que qualquer outro engenheiro) conhecimentos sólidos de Organização, Administração, (incluindo Estatística Aplicada e noções sobre evolução da Conjuntura e Mercados) e Economia, e deve dominar as Relações Humanas; isto é, além dos conhecimentos técnicos, deve possuir aqueles conhecimentos gerais que lhe permitam adquirir uma boa perspectiva dos problemas industriais, pelo menos sob o ângulo da Produtividade.

É com estas bases que o novo Engenheiro poderá criar uma atitude de espírito que lhe permita assimilar e comandar os objectivos últimos da produção económica dum dado produto. É com esta atitude que terá que colaborar em vários sectores técnicos e administrativos da Empresa.

No plano internacional, é o Engenheiro Químico o principal técnico que pode «libertar gradualmente o sistema económico da distribuição natural das fontes de matérias primas»; no plano nacional, será ele quem mais pode influir no aumento do nível de vida e ainda, nalguns casos muito especiais, na segurança nacional.

O prof. Lamb, do American Institute of Chemical Engineering, aponta que as ciências de base do engenheiro químico estadunidense são a Química (incluindo a Química-Física) e a Matemática (incluindo a Estatística) e, em segundo plano, a Mecânica. Porém, o Engenheiro Químico, como todos os Engenheiros, não é, por essência, um cientista, mas um artista, isto é, um criador e um engenheiro na sua mais alta acepção. Os seus problemas são complexos e difíceis de precisar; as suas soluções são sempre soluções de compromisso.

Para que o Engenheiro Químico possa desenvolver e aplicar com eficiência a imaginação criadora, os seus conhecimentos devem ser vastos mas sólidos, o que levanta problemas de Formação.

Para que, da sua formação vasta e sólida, tire o rendimento produtivo máximo, deve o Engenheiro Químico possuir, em alto grau, qualidades de diplomacia, decisão e coordenação.

4. A Formação Universitária

As conclusões precedentes levam a considerar a Engenharia Química como um ramo autónomo da Engenharia, com características especiais.

Se bem que haja acordo quanto à importância do novo ramo, quanto ao papel que o Engenheiro Químico tem a desempenhar e, ainda quanto às bases fundamentais dos cursos, a organização destes é objecto de opiniões discordantes, dentro de certa latitude. Mas a Conferência compreende que essa disparidade se justifica e até é desejável, dentro de certos limites, pois o que interessa é adoptar um certo número de orientações básicas às condições particulares de cada país.

Além das matérias gerais referidas no capítulo anterior, consideram-se fundamentais, no curso de Engenharia Química, a Termodinâmica Química, a Cinética Química, as Operações Unitárias, o Escoamento de Fluidos, os Processos de Transferência Mássicos e Energéticos, a Metalurgia (com um estudo especial da corrosão e erosão), a Electroquímica, a Mecânica Aplicada (Resistência de Materiais), a Organização, a Administração (incluindo Estatística Aplicada, Estudo dos Mercados, Leis Industriais, Relações Humanas) e a Economia.

Não devem esquecer-se o Controle Industrial, com estudo de medidas Físico-Químicas, a Electrónica Aplicada e, em todos os casos, o estabelecimento do Preço do Custo (a estudar, particularmente, em Administração e Economia).

Lembra-se o interesse especial que terá uma interpretação profunda das Equações Diferenciais (que estão, por exemplo, na base das Operações Unitárias) e o domínio dos Métodos Aproximados de Cálculo, de interesse constante e crescente na Engenharia em geral.

Acentua-se, porém, que o que se pretende, afinal, é a criação ou formação, no estudante, de uma mentalidade, a que atrás se fez referência; pelo que interessa mais a atitude que fica dos

conhecimentos do que os conhecimentos em si (não devendo, é claro, atribuir-se a esta afirmação um significado absoluto).

Para que o estudante adquira progressivamente uma mentalidade criadora, deverão eliminar-se dos cursos certos vícios da rotina. Assim, os problemas práticos devem ser ou exemplos esclarecedores de uma teoria em estudo ou exemplos concretos, conforme se trata de uma cadeira mais ou menos básica; e não, como sucede na maioria dos casos, problemas «bonitos» ou charadas que só servem para iludir mestres e alunos e desencorajar um estudante consciencioso.

Devem eliminar-se das exigências das cadeiras aqueles conhecimentos que vêm nos manuais e ensinar-se a trabalhar com estes e com revistas técnicas e catálogos com o que, com certos cuidados, se farão grandes progressos no ensino, em especial das cadeiras de Química.

A Investigação deve ter na Escola um fim formativo — o de desenvolver o espírito de iniciativa do estudante.

Os Trabalhos Práticos servirão, sobretudo, para assentar e concretizar ideias e permitirão, muito especialmente, o utilíssimo contacto entre mestres e alunos.

Interessa ensinar bem de preferência a ensinar muitas coisas; interessa libertar, tanto quanto possível, a pedagogia das influências pesadas e perniciosas dos exames.

Muitas outras observações aparecem na Conferência tendo em vista criar ou fortalecer na Universidade um clima propício à reflexão, a um estudo consciencioso e não acomodatício, a uma visão clara e realista dos problemas, ao desenvolvimento do sentido do compromisso técnico-económico, em especial nos anos mais avançados dos cursos.

Só assim poderá a Escola garantir que a grande maioria dos engenheiros que todos os anos lança na vida prática venham a ser elementos úteis e criadores nos múltiplos sectores da Indústria e, em geral, da Nação; e que não necessitarão de perder tempo, fora da Escola, com problemas que só poderiam ser cabalmente estudados nela, nem tenham que adquirir hábitos de trabalho e de estudo que a Universidade lhes devia ter incutido e exigido.

Quanto aos tipos de cursos, a Suécia, por exemplo, limitou-se a afirmar que, depois de tentativas várias, resolveu consagrar o essencial dos seus cursos de Engenharia Química ao estudo das noções fundamentais, com a convicção de que uma boa formação de base permite ao engenheiro passar facilmente dum domínio a outro.

Em Darmstadt, na Alemanha, existe um curso de Engenharia Química, para os diplomados em Química, que assenta nos seguintes pontos:

— estudo dum certo número de processos-tipos de fabricação, destinados a servir de modelo nos projectos;
— estudo aprofundado das operações unitárias;
— estudo geral das relações técnicas e económicas entre as produções mais importantes;
— procura lógica de mais alta produtividade possível como princípio fundamental na elaboração dos projectos.

Salienta o director do «Instituto de Tecnologia Química» de Darmstadt que o «projecto dum processo químico e, por consequência, o custo de produção dependem mais de modificar a parte química do processo do que das modificações que se possam fazer na instalação», pelo que considera fundamental o domínio perfeito da Termodinâmica Química e o da Cinética Química.

Como terceiro exemplo, cita-se o curso da Universidade de Louvain (Bélgica), em que todos os engenheiros têm a mesma formação nos três primeiros anos, especializando-se nos dois anos restantes do curso. Entre as matérias específicas da Engenharia Química contam-se «as Operações Unitárias, os Cálculos Matemáticos, o Curso Superior de Análise Química, o Curso Superior de Química-Física e o Curso Superior de Química Industrial»; dá-se, neste curso, grande importância às «discussões» entre professores e alunos.

Além dos cursos normais, vários países com penúria em Engenheiros Químicos têm resolvido o problema adoptando modalidades variadas para técnicos que trabalham na Indústria.

No Reino Unido, por exemplo, há cursos «sandwich», em que, durante períodos alternados de 6 meses, os alunos se dedicam ora ao curso principalmente, ora, sobretudo, à indústria. Há cursos superiores (post-graduate) para diplomados; há mesmo cursos professados na Indústria.

Salienta-se que, se bem que cursos especiais sejam muito vantajosos para melhorar o nível dos técnicos, é difícil elevar este nível fora do ambiente universitário, pelo que aquelas soluções de recurso devem considerar-se como tais. Exclui-se o caso de alguns cursos especiais para engenheiros que voltam à Universidade por um período de 6 meses ou 1 ano para actualizarem certos conhecimentos básicos (como há em Londres).

A «Institution of Chemical Engineers» (inglesa), adopta um método, pelo qual, em exames sucessivos, o aluno passa a diplomado e de diplomado pode passar a membro da «Institution».

Os exames são facultados a todos (estando dispensados de muitos deles os diplomados) e constam de 3 fases:

— uma primeira fase sobre os princípios da Química e da Física e elementos de Mecânica;

— uma segunda sobre a teoria e prática das técnicas da Engenharia Química;

— uma terceira fase que consta dum projecto de fabrico e instalação, feito em casa, que serve para ajuizar da capacidade que o estudante terá para empreender um estudo numa indústria.

A encerrar estas conclusões da Conferência sobre o ensino universitário, cabe aqui acrescentar, o que o «Projecto n.º 297», da A. E. P., O. E. C. E. refere quanto aos estudos posteriores à obtenção do diploma de «Bachelor» nas universidades dos Estados Unidos.

Segundo as universidades, 10 a 30 % de «bachelors» em Engenharia Química continuam os estudos para a obtenção de diplomas superiores. Ao fim de, pelo menos, um ano podem obter o grau de «Master of Science». Alguns prosseguem ainda os estudos, pelo menos durante três anos, para obter o diploma de «Doctor of Philosophy» (Ph.D). O diploma de doutor em Engenharia Química só é concedido por um pequeno número de universidades.

5. A Prática Formativa

O «Massachussets Institute of Technology» compreende um curso prático para «bachelors» em três centros situados em empresas industriais e um quarto numa instalação de energia nuclear. Cada centro é dirigido por um professor de faculdade que consagra todo o seu tempo a este trabalho e que fixa os problemas a estudar. Os estudantes trabalham em grupos de três assumindo cada um, por sua vez, o papel de chefe. Os trabalhos são organizados exclusivamente com o fim de dar aos interessados educação profissional e só excepcionalmente interessam os benefícios das empresas.

Cursos como este são muito úteis, mas ficam muito onerosos.

A Conferência de Londres deu acordo máximo à importância dos estágios de férias na Indústria, estágios esses que devem ser tanto quanto possível orientados pelos técnicos da indústria e não um simples passeio do estudante pelas fábricas. Em alguns países há mesmo cursos de férias na Indústria. Apontou-se o interesse que há em intercambiar estudantes dos vários países em estágios e cursos de férias, matéria em que a IAESTE tem desenvolvido uma actividade interessante.

Reconhece-se, além disso, a necessidade de o jovem diplomado fazer um curso prático de um ano ou, mesmo, mais na indústria, o que, contudo, só será viável dentro de certas disponibilidades e duma mais activa e franca colaboração e compreensão entre a Universidade e a Indústria.

O problema da formação prática não se põe, no mesmo plano, para aqueles estudantes que, porventura, trabalhem na Indústria.

Quanto a uma sugestão de o estudante praticar um ou dois anos na Indústria antes de entrar na Escola, ela foi amplamente rejeitada, por conduzir a um rendimento baixo ou perda de tempo, no conjunto.

Para que o problema da formação prática se simplifique, a formação universitária, se bem que sólida, não deve ser muito rígida (o que poderá vir a desanimar bons estudantes) e as cadeiras mais técnicas deverão estudar problemas concretos. No estudo destas cadeiras deve desenvolver-se o sentido do compromisso técnico-económico. Além de tudo isto, é primordial o interesse da Universidade pela Indústria e, duma maneira geral, pelos problemas económicos da Nação e a existência, no meio industrial, dum certo idealismo compreensivo relativamente à missão da Universidade.

Salienta-se na Conferência que, mesmo na prática industrial, nem todos os problemas podem ser postos em prática, como é o caso, por exemplo da Segurança contra acidentes variados. Com efeito um trabalho prático nesta matéria não é recomendável . . .

6. A Investigação

Concluiu-se, na Conferência, que a Investigação no ramo da Engenharia Química, por ser este o ramo mais recente e complexo da Engenharia, assume uma importância particular.

A Investigação deve ser feita na Universidade e na Indústria, pelo que, por mais esta razão, deve haver estreitas relações entre uma e outra.

A investigação na Universidade deve dirigir-se para problemas mais gerais e a investigação na Indústria para problemas mais específicos, devendo a primeira gozar de maior independência e liberdade. Quer uma quer outra se ocuparão de problemas muito variados.

Na Universidade há que investigar em todos os domínios da Engenharia Química, desde o aperfeiçoamento químico duma determinada operação ao estudo das condições físicas e à determinação de muitas constantes, que aparecem em variadas fórmulas de aplicação prática.

Cada Indústria dedicar-se-á, particularmente, aos seus problemas específicos, devendo associar-se as pequenas indústrias em instituições de investigação, para que possam progredir.

O Dr. H. Miessner, das Farbenfabriken Bayer A. G., divide a investigação em Engenharia Química em três secções:

— Trocas de matéria e energia;
— Operações Universitárias;
— Reacções «técnicas», isto é reacções químicas, acompanhadas de mudanças físicas.

A «Institution of Chemical Engineers» promoveu a publicação, em 1951, de um relatório — conhecido por relatório Cremer em que expõe os assuntos que interessa investigar, na Universidade e na Indústria, no domínio da Engenharia Química.

Reconheceu-se que é indispensável que o Estado e a Indústria subvencionem a investigação na Universidade, em que os recursos são poucos e o Corpo Docente é mal pago para as suas responsabilidades.

Como exemplos de realizações citam-se, no Reino Unido, a «Research Association» e o «Department of Scientific and Industrial Research» e vários laboratórios financiados pelo Governo; na Alemanha há varias organizações e grupos de especialistas, onde trabalham em conjunto químicos, físicos e engenheiros químicos; nos Estados Unidos, além de numerosas instituições particulares de investigação, há, com carácter nacional, o «American University Research Institute».

Há grande acordo nestes problemas de Investigação, mas não se desce ao pormenor. É compreensível que, neste campo, as condições particulares de cada Nação condicionem, mesmo a longo prazo, os planos de organização.

Como se disse atrás, a Investigação deve ser um complemento no capítulo importante da Formação, no desenvolvimento do espírito de iniciativa e indepedência de juízo do estudante, tão prejudicados pela rotina dos cursos e dos exames.

A investigação em grupo só é desejável quando não prejudique o desenvolvimento individual e não dilua as atribuições e responsabilidades de cada um duma maneira inconveniente.

Para que o estudante ou o licenciado em Engenharia Química possa realizar investigações com eficiência, mesmo no domínio das aplicações, o nível dos cursos de Engenharia não deve ser inferior ao dos cursos das Ciências Puras. Foi este um ponto bem salientado na conferência de Londres.

7. Conclusão deste artigo

Vimos, ao longo destas linhas, como a opinião europeia se consciencializa da importância da profissão de Engenheiro Químico e como procura definir os objectivos e a formação do novo engenheiro. Essa importância provém do papel de destaque que este profissional tem em toda a indústria transformadora, cujo progresso é um índice seguro do rendimento do trabalho de uma nação.

Faltou, por exemplo, considerar na Conferência o muito recente e importante papel do Engenheiro Químico na produção industrial da Energia Nuclear e indústrias anexas. A novidade do problema, a interdição da Alemanha em matéria de investigação nuclear e outras razões justificarão esta lacuna.

Outros problemas, de muito interesse também, não foram convenientemente debatidos. Cite-se, por exemplo, o papel das instalações — piloto na investigação.

A evolução das doutrinas económicas mostra, nitidamente, a influência crescente da Técnica na Economia. Por um lado, foram as invenções técnicas que permitiram, em numerosas ocasiões críticas, resolver uma crise de inflação ou um problema de desemprego; por outro, a Técnica deixou de ser um dado como muitos outros, segundo os economistas clássicos, para se tornar variável fundamental.

Como se observou atrás, na Era do Finito, em que entrámos, o problema da Produtividade tem uma acuidade e uma importância que transcende a Técnica, atingindo, plenamente, o Económico e o Social. Quando se mostrou que o Engenheiro Químico é o grande técnico da Produtividade, ficou dito o essencial duma Missão e levantado o problema duma Formação.

O Engenheiro Químico, pelo que ficou dito, é o técnico cuja actividade mais se articula no complexo Técnico-Económico, cujo desenvolvimento exigiu primeiro a substituição de simples práticos por diplomados e vai exigindo, nos nossos dias, a preparação, cada vez em maior número, de diplomados com formação sólida e perspectivas vastas.

A Administração, que era uma arte simples, tornou-se uma arte complexa, apoiando-se cada vez mais, em ciências particulares, em dados quantitativos. Por outro lado, estas ciências de apoio da Administração exigem, cada vez mais, o contributo de técnicos de nível. O Controle Estatístico, por exemplo, levanta problemas que só um técnico categorizado pode definir, orientar e resolver. A própria Contabilidade Industrial tem problemas que transcendem o domínio e as técnicas do contabilista.

A Ciência Económica apoia-se, hoje em dia, fortemente na Econometria (não se podendo contudo reduzir a primeira à segunda).

A profissão da Engenharia Química encontra-se num ponto de crescimento notável. O Instituto Americano de Engenheiros Químicos agrupa uns 15.000 engenheiros diplomados, 50 % dos quais com menos de 30 anos. Na Inglaterra formam-se uns 350 engenheiros químicos por ano. É aquela a profissão técnica de maior desenvolvimento na actualidade.

De uma maneira geral, o número de formados nas profissões científicas e técnicas tem aumentado extraordinàriamente. Para citar um exemplo, o número de diplomados nas ciências e nas técnicas,

GOODYEAR

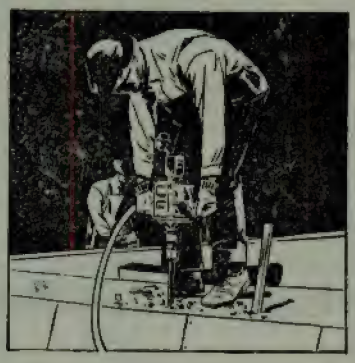
UMA QUALIDADE ESPECIAL PARA CADA SERVIÇO DISTINTO

MANGUEIRAS

para:

Acetilene
Ácidos e suas soluções
Água — Aquecimento
Ar — Aviação
Caminhos de ferro
Cerveja e vinhos
Dissolventes — Destilações
Fábricas de papel
Ferramentas pneumáticas
Gases — Gasolina
Lavagem de automóveis
Minas — Óleos — Oxigénio
Petróleo — Refrigeração
Produtos químicos
Serviços agrícolas
» de dragas
» de incêndios
» de jardins
» de regas
» sanitários
Soldagem — Vapor
Tintas — Lacas — Vernizes
etc., etc., etc.

Todos os líquidos
Todos os gases



CORREIAS

para:

Agricultura
Altas velocidades
Elevação de materiais
Grandes potências
Indústria em geral
Indústria têxtil
Serviços de minas
Transmissões difíceis
Transporte de materiais

CORREÕES SEM-FIM
THOR
para debulha e tractores

CORREIAS SEM-FIM
COMPASS
inextensíveis, para centrais
e pequenos tambores

CORREIAS MÚLTIPLAS
TRAPEZOIDAIS
etc., etc., etc.

Todas as velocidades
Todas as potências

PARA TODAS AS PRESSÕES E TODAS AS TEMPERATURAS

Distribuidores exclusivos: **CANELAS & FIGUEIREDO, L.DA**

R. dos Fanqueiros, 46 — LISBOA

Telef. 2 5058 / 2 4502 / 2 1729

Teleg. CANELASCO

ORDINARY GREY PORTLAND CEMENT
1857
BS12 : 1947
MINEX
EMPRESA POLACA DE RESP. LIM.
KREDYTOWA, 4 — VARSÓVIA — POLÓNIA
End. teleg. MINEX — Varsóvia
Cimento Portland
de prise rápida
B. S. 12:1947
Cimento Portland
corrente, branco
B. S. 12:1947
de qualidade superior, muito apreciada no Mundo inteiro.
empregado com os melhores resultados nas construções terrestres, marítimas e nas obras hidráulicas.
Embalagem muito resistente, sacos de papel sextuplos.
Ofertas e catálogos a pedido
Polonês
Polonês
Polonês
Polonês

em França, duplicou nos últimos 20 anos, sendo particularmente notáveis os aumentos verificados em Química, Física, Matemática, Engenharia Química (ramos correspondentes) e Engenharia Electrotécnica.

Tendo presente que a produtividade da nossa agricultura não pode aumentar muito devido a factores geológicos, à densidade de população e a outros factores, compreende-se a importância que tem para o futuro da Nação o fomento da indústria transformadora, o aumento da respectiva produtividade, a sua modernização e o melhoramento do correspondente nível técnico. Assim se infere quanto a profissão de Engenheiro, muito particularmente a do Engenheiro Químico interessa à Economia Nacional.

Quando este artigo já estava em elaboração, apareceu a importante proposta, do nosso Ministério da Economia, da criação do «Instituto Nacional de Investigação, Tecnologia e Economia Industrial», ao qual caberá, se for bem orientado, papel de relevo na Economia Nacional.

Oxalá surjam as «boas vontades e condições indispensáveis à expansão rápida de todos os valores e iniciativas científicas e técnicas de interesse para a indústria», a que a proposta se refere.

A recente Reforma dos cursos de Engenharia actualizou estes e pôs em relevo a importância da formação geral. Esta é, como se viu, particularmente indispensável ao Engenheiro Químico.

Produtividade, Investigação, Cursos articulam-se, nesta profissão de uma maneira muito especial. E todos estes problemas convergem no problema maior que é o da Educação.

As ciências de Educação são relativamente recentes. Todo o século XIX se ocupou, quase exclusivamente com essas ciências e respectivas técnicas ao nível primário e os problemas do ensino secundário só começaram a ser estudados, particularmente, no século actual. Quanto ao ensino superior, só nos nossos dias, aqui ou acolá, em intervenções mais ou menos esporádicas se estudam os respectivos problemas. Pode dizer-se que, neste capítulo, estamos ainda nos primórdios. Há ainda muita gente que pensa que a Pedagogia é só para crianças ou «infelizes» . . .

Evidenciou-se o interesse fundamental que há em inculcar no estudante de Engenharia Química determinado tipo de mentalidade criadora. Compreende-se, pois, que o que é fundamental é a ciência e a técnica do Ensino e não as matérias (que, afinal, vêm nos livros). Muitos progressos há a esperar, assim, do desenvolvimento das Ciências da Educação ao nível universitário (que se reflectirão, evidentemente, nos outros níveis).

A complexidade dos problemas educacionais ao nível universitário não inibe a possibilidade do seu estudo nem diminui a importância deste. Os problemas económicos são igualmente muito difíceis de tratar. Mas a Economia desenvolveu-se e desenvolve-se. Nós, por exemplo, temos tantas escolas superiores de Engenharia como de Economia.

Quando se afirmou que o ensino da Engenharia Química deve ser vasto mas sólido, ficou em aberto, por exemplo, o problema da Didáctica das cadeiras básicas.

A Matemática e a Física, por exemplo, costumam ser ensinadas apelando para uma grande exactidão de definições e esquemas dedutivos, dizendo-se, correntemente, que quanto mais rígidos são os raciocínios e quanto mais abstractas as definições, maior é o «nível» do ensino. Ora, justamente, quem tem necessidade — por exemplo por razões profissionais — de penetrar no espírito daquelas ciências para as poder compreender e dominar a respectiva aplicabilidade, verifica — quantas vezes — como lhe escapa o conteúdo das definições e dos teoremas, como a exactidão ofusca tantas vezes o espírito, como o absoluto dos esquemas faz esquecer (ou nem sequer revela) o relativo dos fenómenos contingentes que lhes estão na base.

Ora, é justamente o domínio que interessa e não o conhecimento em si. Importa apreender o conteúdo das formas, compreender uma vida interna que a rigidez dos esquemas teóricos muitas vezes oculta. E não é fácil. É difícil e incómodo fazer uma apreciação; comunicar ciência é mais arte do que ciência; afirmar é realizar um compromisso. É mais simples ser exacto na forma. Mas

não há dúvida de que é o comentário esclarecido que desenvolve valores e desperta vocações. O resto é letra morta.

Um dos problemas mais delicados da formação universitária é não esquecer que o estudante não é um dado a julgar, mas sim um educando a formar. O abandono do estudante a si próprio tem limites mais estreitos do que muitas vezes se pensa. O alheamento não educa, não desenvolve valores; favorece, antes, os mais astutos e os mais servis.

A missão de formar técnicos universitários e a Educação em geral exige valor, modéstia, nível, acessibilidade, compreensão, abnegação, dignidade.

Porque estes problemas estão na base de um real aumento do nível dos diplomados, ficaria muito incompleto este trabalho se aqui lhes não fizéssemos referência.

Finalmente, a Técnica e a Produtividade não se podem isolar do complexo educacional em que vivem. Não se pode esquecer a forte correlação existente na actualidade entre Ciência, Técnica e Educação. Uma Educação activa, dinâmica em todos os seus níveis, referenciada nalgumas boas tradições e numa compreensão profunda das realidades determinantes da vida actual, é o termo lógico das preocupações formativas.

A problemática da formação do Engenheiro Químico é, em resumo, muito complexa: Ciências Puras, Técnicas, Produtividade, Economia, Sociologia, Administração, Investigação, Pedagogia, Didácticas são pilares dessa formação nos dias de hoje e outros tantos capítulos a aprofundar.

É da conjugação destes pontos de apoio e da compreensão de sua relativa situação que o Engenheiro Químico poderá realizar-se numa Missão, de alto valor actual, que, mesmo no plano do Económico, transcende já o âmbito da profissão. Com efeito — e sem menosprezo pelos outros ramos da Engenharia — é a Engenharia Química a profissão que, no tempo presente, mais pode influir no nível de vida, de cujo aumento depende (sobretudo num país pobre) a multiplicação das actividades, o florescimento de valores de vária ordem, o acesso, em resumo, de cada um à realização plena das suas virtualidades.

C. D. U. 691.327.001.57

UTILIDADE E BASES DO CONTROLE DO BETÃO

PELO ENG.º HENRIQUE NOVAIS FERREIRA

Chefe do Laboratório de Engenharia
da D. S. O. P. e T. de Angola

SUMÁRIO

Este artigo sumariza a posição actual de controle estatístico de betões.

Admitida a hipótese da distribuição gaussiana das resistências, indicam-se as grandezas que permitem definir uma produção, e foca-se a importância económica da sua flutuação.

Estudam-se as bases em que deve assentar esse controle e apresenta-se um processo de reconhecer, em cada caso, quais as causas principais da flutuação, e portanto qual o sentido em que deve ser corrigido o fabrico.

Finalmente descreve-se a elaboração de cartas de controle apropriadas ao caso do betão, e um método de verificação final do betão executado numa obra.

SUMMARY

This article summarizes the present position of the statistical control of concrete.

Allowing the hipothesys that strengths follow a Gaussian distribution, the magnitudes defining a concrete production are indicated and the economical importance of their variation is emphasized.

The foundations on which such a control should be based are studied and a method of determining, for each case, the principal causes of deviation — and, consequently, the direction in which production conditions should be corrected —, is presented.

Finally, the elaboration of appropriate control charts and a method for the final verification of finished concrete are described.

1 — Introdução

1.1 — Os problemas técnicos que têm sido postos ùltimamente ao engenheiro de materiais de construção, têm levado, no campo dos betões, a uma série de progressos cuja consequência é a produção em boas condições de betões mais resistentes e mais duráveis. Nesta corrente se situam os aditivos — inclusores de ar, plastificantes, ocratização, etc., etc. — os estudos sobre granulometrias, a apresentação ao público de cimentos mais enérgicos e de tipos diversos, a afinação de métodos de compactação (vibração) e de preparação de argamassas e betões (colgroute e colcrete) etc. — toda uma série de pequenos progressos que criaram uma série de diferentes tipos de betões destinados a outros tantos tipos de trabalho, porque cada um deles tem a sua aplicação conveniente, quer técnica, quer económica.

Este último aspecto da questão — necessidade de executar econòmicamente, ou para realizar maior volume de obra com iguais verbas, ponto de vista do Estado, ou para bater a concorrência, ponto de vista do empreiteiro — tem encaminhado num outro sentido diversos investigadores, os quais, partindo de uma nova concepção de resistência dos materiais de construção procuram tirar partido de materiais fracos com uma segurança não inferior à dos materiais correntes, e necessàriamente com muito maior economia.

1.2 — De facto, desde 1940, e mais concretamente desde 1945, 1950 e 1953, que se nota a preocupação de atender, não às resistências médias, mas sim às resistências mínimas, aquelas que efectivamente vão determinar a rotura (1).

Ora é impossível conhecer a resistência mínima dos diferentes troços constituintes de uma peça de betão sem primeiro a executar e ensaiar. A noção de resistência mínima, característica de

(1) Podem considerar-se as obras de betão como grupos frágeis. Grupo frágil é aquele que, quando tem todos os seus elementos sujeitos à mesma solicitação, se arruína logo que se arruína um qualquer dos seus elementos.

conhecimento certo, não apresenta pois utilidade quando se trata de planear um betão ou calcular uma obra. Para que seja possível prever mais rigorosa e econòmicamente a resistência da peça, é necessário recorrer a outro tipo de conhecimento — o conhecimento estatístico — e considerar a resistência como uma variável aleatória. Assim admite-se que os valores da resistência se distribuem segundo uma dada curva de frequências, havendo alguns suficientemente abaixo do valor médio, e ainda suficientemente frequentes para causarem apreensões.

Posta a questão neste pé, há que determinar a curva de frequências e a probabilidade a considerar para definir o valor «mínimo». Com estes dois elementos, ainda hoje não completamente esclarecidos, um betão pode ser calculado e controlado desde que se recorra a conhecimentos estatísticos.

Uma vez que esta via consegue maior segurança e maior economia, ela aparece como merecedora de atenção, sendo justos os esforços no sentido de aperfeiçoá-la e esclarecer os pontos que ainda se apresentam duvidosos.

2 — Caracterização de um dado material — Fixação do valor médio

2.1 — *Hipótese de distribuição normal das propriedades dos materiais.*

Se uma instalação de fabrico de betões não for vigiada, ela dará necessàriamente um material cujas propriedades variarão de forma imprevista, acabando por se ter a certo tempo do início da produção um material diferente e irreconhecível. Dir-se-á que se trata de uma produção errática.

No entanto, se houver algum cuidado de fiscalização, se as grandes causas de variação da qualidade forem evitadas — como sejam por exemplo as mudanças da dosagem de cimento, ou da água de amassadura — é hoje um facto suficientemente comprovado que, para o caso das resistências, a qualidade flutua em torno de uma média, obedecendo à lei de Gauss (fig. 1). Dir-se-á então que a produção está estatìsticamente controlada.

Esta obediência à lei de Gauss não é total, notando-se uma leve assimetria nas curvas de frequência, com predominância dos valores baixos (fig. 1), assimetria que se desconhece exactamente, pois que para a dominar se torna necessário conhecer com precisão a distribuição dos valores de pequena frequência, só possível com um volume de resultados comparáveis que ainda não foi possível reunir. E no entanto, a distribuição dos valores de pequena frequência é importante visto ser sobre eles que se baseiam as previsões de rotura de uma obra. Um progresso razoável se conseguiria definindo tal distribuição.

Entretanto, e uma vez que se não encontra contradição notável à curva de Gauss, é uso aceitá-la como definidora das frequências não só da resistência como de todas as propriedades mensuráves dos materiais.

2.2 — *Elementos que definem a resistência do betão*

Uma vez que nenhuma instalação fornece um produto uniforme, este não pode ser definido exclusivamente pelo seu valor médio $\overline{X}$.

Em 2.1 apresentou-se a hipótese da distribuição normal das resistências [1], pelo que o betão proveniente de um dado estaleiro só pode ser definido completamente se for conhecida a curva normal que lhe corresponde. Para esse efeito, além da média $\overline{X}$ deve ser sempre indicada a variância V ou os desvios quadráticos médios absoluto D ou relativo C [2].

O valor da média $\overline{X}$ depende — dentro de certos limites — da vontade do produtor, bastando-lhe, para a modificar, aumentar ou diminuir, por exemplo, a dosagem de cimento.

As medidas de dispersão da população dos valores individuais X_i da resistência, variância e desvios, já não são dependentes do produtor senão indirectamente. Antes caracterizam a instalação e o grau de controle exercido sobre o fabrico.

De todas as medidas de dispersão conviria certamente aquela que fosse independente do valor médio $\overline{X}$. A razão é a seguinte: Suponha-se que uma instalação fornece betão caracterizado por $\overline{X}_1$, D_1, C_1. Há necessidade de passar a pro-

---

(1) Para maior simplicidade continuaremos a referir-nos às resistências embora a hipótese esteja formulada para todas as propriedades mensuráveis dos materiais de construção em geral.

(2) Normalmente o desvio quadrático médio absoluto é referido como desvio padrão, e o relativo é referido como coeficiente de variação.

duzir um betão de média $\overline{X}_2$. O betão produzido virá a ser caracterizado por $\overline{X}_2$, D_2 e C_2. Será $D_2 = D_1$, ou $C_2 = C_1$, ou ambos, D_2 e C_2, serão diferentes dos valores anteriores D_1 e C_1?

Este problema é importante pois que sem o conhecimento prévio do que irá acontecer ao passar de $\overline{X}_1$ para $\overline{X}_2$, não é possível calcular $\overline{X}_2$ (1) e portanto será de iniciar a futura produção por tentativas.

Deve notar-se que a hipótese da constância do coeficiente de variação só é legítima quando se mantêm as condições de produção — instalação e contrôle — visto ser uma característica dessas condições. Não é portanto aceitável relacionar coeficientes de duas instalações ou contrôles distintos. Neste caso já está averiguado que às resistências médias mais baixas correspondem coeficientes de variação mais altos, como

Curvas de frequência da resistência à compressão de um betão

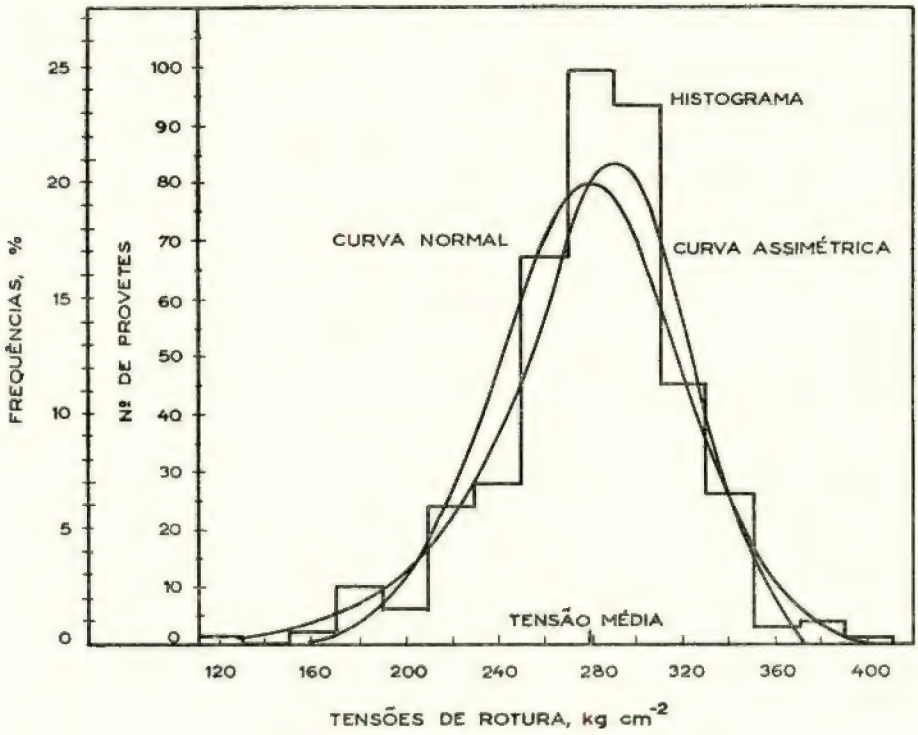


Fig. 1

Número total de provetes.....	406
Resistência média, kg cm^{-2} ...	280,5
Desvio padrão, kg cm^{-2}.....	39,2
Coeficiente de variação	14,0
Assimetria	— 0,51

Normalmente considera-se constante o coeficiente de variação C. Mas este coeficiente não se mantém exactamente constante, antes apresenta uma certa tendência para diminuir quando a média aumenta. Em todo o caso esta tendência é muito pequena e pode ser normalmente desprezada desde que a extrapolação não seja grande, especialmente no sentido das baixas resistências.

(1) Ver 3

se a menor média resultasse de um «desleixo» geral das condições de produção.

Em resumo, vê-se que para caracterizar completamente um dado betão é necessário fornecer duas grandezas: o valor médio $\overline{X}$ e o coeficiente de variação C. (1)

(1) Nos casos em que se não admita a lei de Gauss, há que procurar outros coeficientes. Muitas vezes basta acrescentar um outro que defina a assimetria da curva de frequência. Mas não consideramos necessário, por agora, tais correcções no assunto em causa.

2.3 — *Utilidade da caracterização de uma produção*

Uma vez caracterizada a produção de um estaleiro é fácil saber qual a probabilidade p_i de que um cubo de betão ou série de cubos fabricados no referido estaleiro, rompa para um dado valor X_i, ou o que é o mesmo, qual o valor que deve ter $\overline{X}$ para que a probabilidade de se atingir X_i seja p_i.

A expressão utilizada é:

$$X_{ij} = \overline{X}\ (1 - \lambda_i\ C_j)$$

onde λ_i é um coeficiente que depende exclusivamente da probabilidade p_i (1), e C_j é o coeficiente de variação do betão da série j.

Aquela expressão pode tomar a forma $X_{ij} = \pi_{ij}\ \overline{X}$ onde π_{ij} é um coeficiente dependente de C_j e p_i. Esses valores são dados no quadro I.

Temos assim resolvidos dois problemas importantes, um interessando fundamentalmente ao contrôle — probabilidade de rotura de cubos de betão — e outro ao cálculo desse mesmo betão — fixação de $\overline{X}$.

2.4 — *Fixação do valor médio*

É actualmente corrente nos E. U. A., especialmente em centrais de betão, fixar o valor médio $\overline{X}$ da resistência do betão a fornecer, por meio do esquema referido em 2.3.

O consumidor indica, com base nas necessidades resultantes do cálculo da estrutura, um valor X_i que não deve ser atingido com maior frequência que p_i. O produtor, conhecendo o coeficiente de variação da sua instalação, calcula por sua vez o valor de $\overline{X}$ para que o betão fabricado satisfaça ao requerido.

A probabilidade p_i aconselhada é 10^{-1} (10 %) e pode ser ou não deixada ao arbítrio do produtor.

Esta probabilidade alta é empregue porque o conceito estatístico de segurança não é pràticamente considerado. De facto o valor X_i fixado pelo consumidor é o valor X_e de cálculo, afectado do coeficiente de segurança: $X_i = SX_e$. No caso de uma peça de betão a trabalhar a $X_e = 50$ kg cm^{-2} teriamos $X_i = 50 \times 3 = 150$ kg cm^{-2} se $S = 3$.

(1) Cramer — pág. 640 — tabela 2.

Adiante veremos que a utilização de um coeficiente de segurança clássico (constante) não conduz, paradoxalmente, a uma segurança uniforme. A meia utilização do conceito estatístico como se indica, é ilógica pois se aceita por um lado o seu valor (cálculo de $\overline{X}$ a partir de X_i), por outro receia usá-lo para substituir S ($X_i = SX_e$). Maior ou mais económica segurança se obtém usando $p_i = 10^{-4}$ e fixando $\overline{X}$ directamente a partir de X_e.

Este tipo de cálculo dá uma base racional à fixação de $\overline{X}$ e deverá ser usado sistemàticamente em todos os estaleiros dada a sua simplicidade, e a economia e segurança que acarreta.

3 — Valor económico da flutuação

3.1 — De acordo com o art. 21.º do Regulamento Português de Betão Armado, em pontes de caminho de ferro, as lajes, vigas e suportes sujeitos à flexão composta poderão ter o betão a trabalhar a 50 kg cm^{-2} desde que se prove, através de ensaios de cubos, que este rompe pelo menos a 200 kg cm^{-2}, o que dá um coeficiente de segurança $S = \dfrac{X_c}{X_s} = 4$.

Seja pois qual for o betão, o coeficiente de de segurança deverá ter o valor uniforme de 4.

Se se admitir que a incerteza das tensões de serviço, obrigam a um coeficiente de segurança de 1,5, isto significa que o betão nunca deverá apresentar uma resistência inferior $X'_s = 75$ kg cm^{-2}.

Se agora se admitir que é segurança suficiente a existência de uma probabilidade de rotura de 10^{-4} (probabilidade de 10^{-4} de $X_c < X'_s$ note-se que isto corresponde a uma probabilidade de rotura efectiva muito menor, pois, por exemplo, numa viga só uma pequena parte do betão se pode considerar sujeito à carga máxima X'_s), o coeficiente $S' = \dfrac{200}{75} = 2{,}7$ significa que se pode trabalhar com um betão de razoável heterogeneidade.

De facto, tendo em atenção o quadro I, verifica-se que se pode trabalhar com um betão com cerca de 17 % (exactamente 16,8 %) de coeficiente de variação.

Por outro lado, em face da imposição regulamentar, também não há interesse económico em reduzir a dispersão do betão pois tal redução implica melhor maquinaria e maior controle, portanto maior custo do metro cúbico.

3.2 — Se se dispuzer de uma instalação que forneça betão de $\bar{X} = 200$ kg cm^{-2} com $C = 16{,}8$ % há assim a probabilidade de 10^{-4} de $X_{10^{-4}} \leqslant 75$ kg cm^{-4}.

No entanto, uma instalação que dê betão com $C = 20$ % terá de elevar a sua média para perto dos 300 kg cm^{-2}, ao passo que se $C = 10$ % bastará $\bar{X} = 120$ kg cm^{-2}.

O coeficiente de segurança uniforme 4 não corresponde de modo algum a uma segurança uniforme. A figura 2 dá um aspecto mais evidente da questão.

3.3 — Vejamos agora o que significa um coeficiente de variação de 20, 25 ou mais por cento. Já se viu que a tensão de probabilidade 10^{-i} está ligada com a tensão média pela expressão $X_{ij} = \bar{X}\,(1 - \lambda_i\, C_j)$ onde λ_i toma os valores 1.28, 2.33, 3.09, 3.72 e 4.23 respectivamente para as probabilidades de 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}. É fácil ver que se obtém para qualquer resistência média ($\bar{X}$ qualquer) um valor $X_i = 0$ para coeficientes de variação respectivamente de 79 %, 43 %, 32 %, 27 % e 24 % (para que $X = 0$, basta que $1 - \lambda C = 0$ ou $C = \frac{1}{\lambda}$).

Isto é, se se trabalhar com 24 % de dispersão, existe uma probabilidade de 1:100.000 de se obter uma resistência nula. Seja qual for a resistência média do betão, para 27 % a probabilidade de resistência nula é 1:10.000, etc. (fig. 3).

Pode deste modo avaliar-se o risco de se trabalhar com dispersões elevadas.

Por outro lado verifica-se que abaixo dos 20 % o risco se atenua rápidamente.

3.4 — Se com os valores do quadro I traçarmos

Influência da dispersão de fabrico no valor médio de rotura

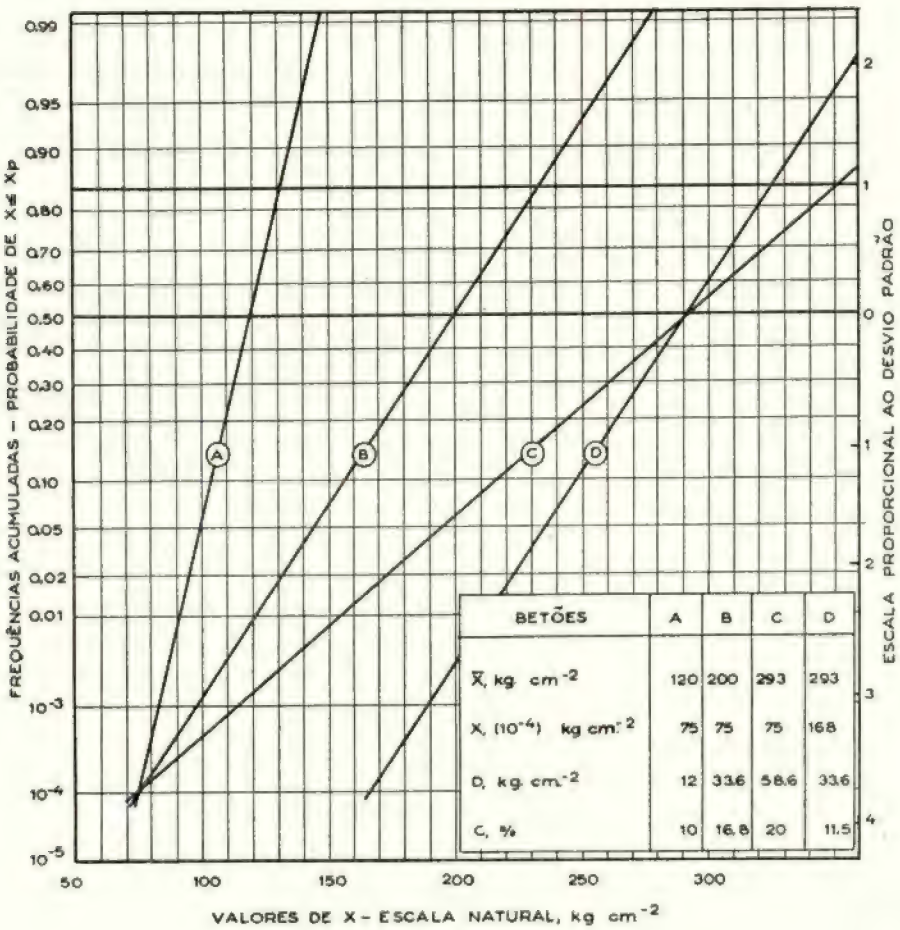


Fig. 2

curvas (fig. 4) (1) dos valores de $\overline{X}$ (médios) em percentagem dos valores de X_i, verificamos ser possível distinguir quatro zonas principais nas quais se pode admitir sem grande erro que o valor de $\overline{X}$ cresce linearmente com C. Estas zonas principais são as seguintes (caso de $p_i = 10^{-4}$).

coeficiente de variação até 10 %
» » » entre 10 e 16 %
» » » » 16 e 20 %
» » » superior a 20 %

O valor de $\overline{X}$ cresce, aproximadamente, na primeira 60 %, na segunda mais 90 %, na terceira mais 150 %. Na quarta atinge um valor indefinido.

As 3 primeiras zonas ainda poderão ser subdivididas para os 6,13 e 18 %. Deste modo propõe-se a classificação seguinte que se supõe equilibrada:

Grupo principal	Subdivisão	C, %
A	1	< 6
	2	< 10
B	3	< 13
	4	< 16
C	5	< 18
	6	< 20
D	7	< 26
	8	> 26

O grupo A-1 convém a trabalhos de laboratório. O A-2 a betões de instalações excelentes, destinadas a grandes volumes de obras (normalmente barragens).

O grupo B convém ainda a barragens, a estruturas tais como pontes, e a betão preesforçado.

O grupo C pode convir a pequenas obras de construção civil corrente.

O grupo D não deverá nunca ser aceite.

3.5 — É óbvio que a diminuição de flutuação de uma produção implica um aumento de custo. Se se admitir a hipótese de que em qualquer nível de controle, percentagens iguais de redução do

(1) O facto de as curvas estarem traçadas em escala semi-logarítmica não altera, neste caso, as conclusões.

Coeficientes de variação máximos possíveis

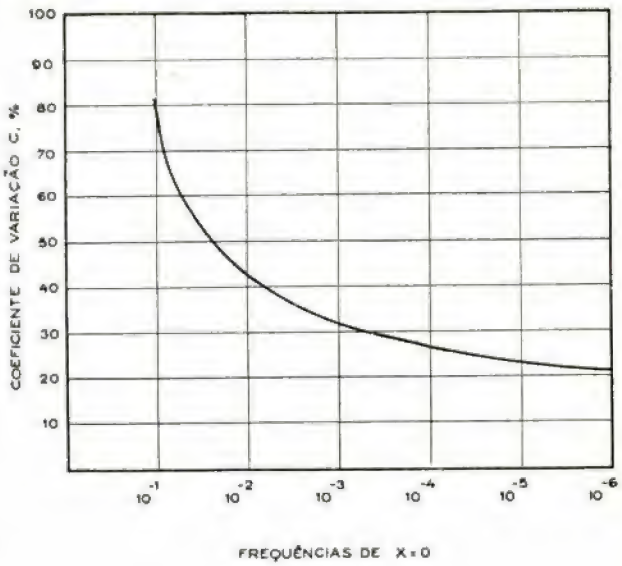


Fig. 3

coeficiente de variação correspondem a aumentos de custos iguais, ou seja $dQ = -A \frac{dC}{C}$ teremos que o custo do metro cúbico do betão é de $Q = Q_0 + A \log \frac{C_0}{C_1}$ onde:

Q = custo do metro cúbico de betão;
Q_0 = constante igual ao custo total dos materiais, cofragens, etc.;
A = constante dependente do equipamento disponível para fabrico do betão;
C_0 = valor máximo teórico de C (para $p_i = 10^{-4}$ será 27 %);
C_1 = coeficiente de variação com que se pretende trabalhar.

Para C_0, valor máximo teórico do desvio quadrático médio, já se viu que, seja qual for a resistência média $\overline{X}$, a resistência correspondente para a probabilidade p_i é $X_i = 0$ e portanto haverá rotura. No caso de $p_i = 10^{-4}$ é $C_0 = 27$ %. Para este valor de C_0, o custo Q é igual a Q_0 que se pode considerar sòmente como as despesas fixas (cofragens e materiais não misturados nem aplicados em obra, etc.) pois que, como se disse, haverá sempre rotura.

As constantes Q_0 e A são também dependentes, como é evidente, do volume total de betão a fabricar pois este vai condicionar o equi-

Curvas de variação da resistência média com o coeficiente de variação

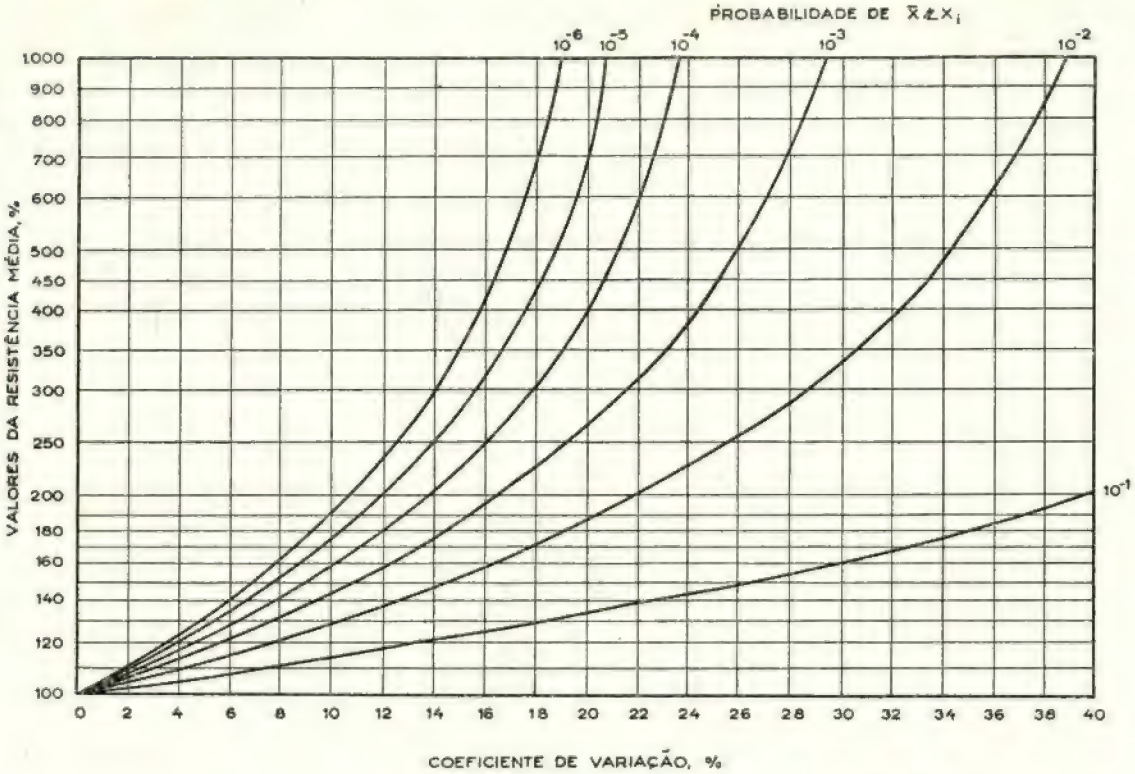


Fig. 4

pamento mais ou menos potente, mais ou menos eficiente.

Assim para cada obra e tipo de betão a fabricar haverá que determinar Q_0 e A.

3.6 — Considere-se agora que para uma dada obra, com um determinado volume e num certo local, se chega à curva A da fig. 5.

Se o betão dever satisfazer aos 75 kg cm^{-2} com 10^{-4} de probabilidade de $X \leqslant X_{10^{-4}}$, a dosagem de betão deve crescer com o cocficiente de variação por forma a que as resistências médias correspondam às exigidas pela fig. 4.

Conhecida a curva de variação de resistência com a dosagem (para o cimento e os inertes disponíveis, e portanto a curva particular para o caso em estudo) pode traçar-se a curva que relaciona a dosagem de cimento com o coeficiente de variação, e a que relaciona o custo do cimento com o coeficiente de variação (curva B da fig. 5).

A curva B apresentada foi obtida experimentalmente para um inerte de gneiss britado, com o diâmetro máximo de 50 mm, areia de rio, e um certo tipo de cimento. Uma vez que o custo do saco do cimento é da ordem dos 50$00 na obra, a dosagem em kg corresponde ao custo do cimento em escudos.

Somando agora os custos indicados pelas curvas A e B, tem-se a curva C que dá o custo total do betão em obra.

O betão mais económico, no caso presente, será o que tiver um coeficiente de variação de cerca de 12 %, o qual fica por 450$00 o metro cúbico.

Até 14 %, o betão fica a 460$00. Para 17 % (betão implìcitamente previsto no Regulamento do Betão Armado), já o custo é de 495$00, ou seja 10 % superior ao mínimo. A dosagem teria de ser de 350 kg m^{-3}.

O betão normal de 300 kg m^{-3} poderia ter um coeficiente de variação de 15,5 % e um custo de 470$00, ou seja 4,5 % superior ao mínimo.

Dependerá do volume da obra o ser ou não de considerar a economia indicada. Mas já não é uma questão económica mas uma questão de segurança, a necessidade de se trabalhar com a

dosagem para 350 kg m^{-3} se o desvio quadrático médio relativo for de 17 %.

Deve ter-se bem presente que as curvas da fig. 5 correspondem a um caso particular, e é inadmissível tirar delas conclusões gerais. O que revelam é a existência de um problema económico que normalmente não deve ser desprezado, e indicam um caminho para a análise desse problema.

3 . 7 — Em 3 . 5 apresentou-se uma expressão do custo de betão admitindo-se que é possível escolher ainda o equipamento a utilizar.

Se porém o equipamento já existir, é evidente que a curva não poderá ter a forma apresentada, pois que para um dado equipamento existe um limite de dispersão abaixo do qual não é possível descer. Por outro lado acima de uma certa dispersão o custo do betão não diminui sensìvelmente ou até aumentará pelo transtorno que pode causar à sequência do fabrico.

O aumento de precisão só se consegue com maior grau do contrôle exercido, e o seu custo depende do pessoal envolvido nesse contrôle e da frequência com que certas partes da maquinaria são renovadas. A colocação de bons fiscais junto de cada máquina (britadeiras, seleccionadores, dispositivos de medição ou pesagem, betoneira, transporte, compactação, cura), e a existência de um engenheiro fiscal, de uma pequena instalação para ensaios — laboratório de estaleiro — e de encarregados de aferição periódica da maquinaria e contrôle do betão em todos os seus níveis, é o máximo que se pode fazer no sentido de diminuir a dispersão de fabrico.

Supondo-se que essas despesas podem importar em 1.000 contos anuais, se a instalação produzir 100.000 m^3 anuais, cada metro cúbico vem onerado com 10$00, importância insignificante em face das possíveis economias com cimento.

A curva para uma dada instalação será pois do tipo da curva A′ da fig. 5. Sobrepondo esta curva à curva B da figura 5, obtém-se a curva C′ da figura 5. Para cada conjunto de obra a executar e estaleiro considerado haverá uma curva do tipo indicado, que se torna necessário estudar.

A curva apresentada em 3 . 5 (fig. 5 A) será o lugar geométrico dos mínimos das curvas do tipo da indicada na fig. 5 A′.

Exemplo da influência da flutuação de qualidade no custo do betão

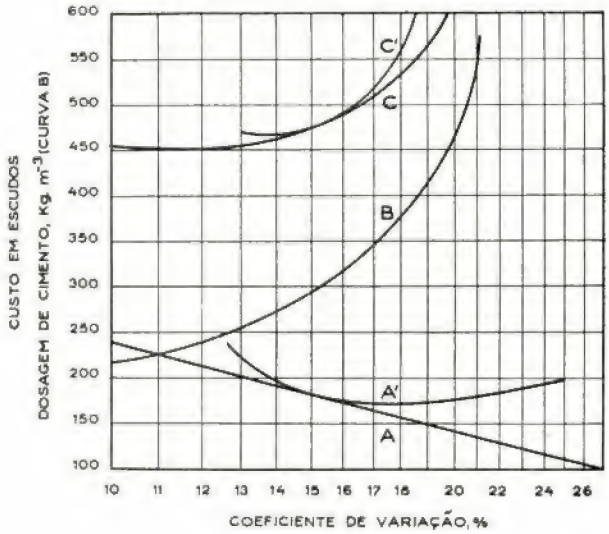


Fig. 5

A — Custo do betão excluído o cimento — instalação a escolher
A′ — » » » » » » — » existente
B — » » cimento — dosagem de cimento
C — » total do betão — instalação a escolher
C′ — » » » » — » existente

4 — O controle do betão — suas bases

4.1 — *O primeiro problema do controle*

O primeiro problema que se põe ao controlar a resistência de um betão é o de só ser possível conhecer essa resistência depois de o material ter sido aplicado na obra, e ser portanto pràticamente impossível rejeitá-lo no caso de não satisfazer ao especificado.

Isto obriga, logo de início, a que uma obra de betão só seja entregue a um empreiteiro de absoluta confiança, e a que se monte um sistema de controle capaz de ir acompanhando as flutuações de fabrico e ainda, e especialmente, de actuar perante essas mesmas flutuações.

Uma vez concluída a obra, torna-se necessário verificar se o betão foi produzido nas condições especificadas, ou seja, se a probabilidade de se descer até à resistência X_i é maior ou menor que p_i .

Um plano de multas a aplicar no fim de cada obra, proporcional ou progressivamente crescente com a probabilidade p encontrada para X_i multas essas equivalentes ou francamente superiores aos prejuízos que poderão advir da má execução que se verifique, aliadas ao bom nome do empreiteiro e à fiscalização constante, são certamente bastantes, pois menos do que isso o tem sido até hoje.

Este sistema mostra-se mesmo preferível ao sistema corrente da aceitação e rejeição exclusiva de lotes, pois que qualquer tipo de inspecção por amostragem permite sempre aceitar partidas más, em tanto maior número quanto pior for a produção, a ponto de se a produção for totalmente má todas as partidas aceites o serão também.

Nos casos de obras cujo volume, valor económico ou outras razões o justifique, a análise final dos resultados deve fazer-se, pois é a única forma de se avaliar dos materiais efectivamente utilizados.

4.2 — *Segundo problema do controle de betão*

O segundo grande problema que se põe, é o do desconhecimento da correspondência entre os provetes ensaiados e o betão da estrutura.

As principais causas dessa não correspondência são:

- processo de colheita da amostra e rejeição ou não dos grossos do betão;
- tipo e dimensão do provete;
- perfeição do provete;
- diferença de compactação do betão no provete e na obra;
- diferença de cura;
- regularidade e preparação das faces do provete;
- características do ensaio — tipo de máquina, sua precisão e rigor, ajustamento do provete, velocidade de carga, etc.

Estas causas variam de caso para caso, não sendo por isso de modo algum possível definir de uma vez por todas a correspondência entre o provete e o betão da obra (1) embora se pudesse tentar estabelecê-la para cada caso particular.

De qualquer modo os provetes só permitem controlar o material até ao momento da sua colocação, não acusando as flutuações em obra devidas à compactação e cura.

Os ensaios não destrutivos fogem a estes inconvenientes embora à custa de uma menor precisão dos resultados. Mas o facto é que medem efectivamente o betão em obra e portanto parecem indispensáveis em qualquer trabalho de importância onde se requeira um controle apurado.

Este tipo de ensaios é ainda particularmente indicado para o estudo da evolução das resistências do betão com a idade e para comparar as resistências do material em obra com os provetes.

4.3 — *Causas de flutuação do betão*

Em face do referido em 4.1 — aceitação anterior ao julgamento — há toda a vantagem em que o controle se efectue em todos os níveis e sobre todas as possíves causas da flutuação, aliás como é corrente sempre que se efectua um controle sério da produção.

Igualmente se impõe conhecer a contribuição de cada uma dessas causas para a flutuação total a fim de que esta seja diminuída até ao limite máximo económico.

São sobejamente conhecidos os parâmetros que influem na resistência do betão.

---

(1) Será interessante uma análise estatística completa da correspondência.

Materiais

cimento — dosagem
— qualidade
inerte — granulometria
— forma
— estado da superfície
água — qualidade
— quantidade

Execução

amassadura — tipo
— tempo ou n.º de rotações do tambor
transporte — tipo

Conservação

cura — humidade
— temperatura

Todos estes parâmetros podem e devem ser fixados antes do início da obra.

Alguns dependem quase exclusivamente da maquinaria e diposição do estaleiro. Para esses quase só a escolha conveniente de máquinas e o controle e a afinação periódicas do seu funcionamento pode diminuir, dentro de certos limites, a flutuação que impõem ao betão. É o caso da britagem, selecção, proporcionamento, amassadura, transporte e compactação. Escolhidas as máquinas, há que conhecê-las bem para garantir que o trabalho se execute sempre nas mesmas condições, vigiando rigorosamente tempos e processos. Ter sempre presente o que influe no funcionamento das máquinas, é fundamental. A granulometria dos inertes sofre por vezes variações bruscas porque se esquece que os seleccionadores dos materiais dão dimensões diferentes quando carregadas diferentemente.

Outros parâmetros dependem grandemente da acção dos operadores. O seu treino e honestidade, influenciam aliás todo o trabalho.

De um modo geral pode dizer-se que só há bom betão se se satisfizerem as três condições seguintes:

a) máquinas precisas, eficientes e seguras, isto é, que correspondam ao que delas se espera, desafinando-se lentamente, e que sejam fáceis de controlar e afinar;

b) boa disposição do estaleiro;

c) pessoal competente e honesto.

Vejamos em seguida quais os factores de maior importância na flutuação do betão, e qual o seu peso.

4.4 — *Dosagem de cimento*

Existem diversas expressões que relacionam a resistência com a dosagem de cimento, quase todas se podendo agrupar nos dois tipos seguintes:

$$X = A + Bc^i$$

$$X = \frac{A}{B^{e/c}}$$

Sabe-se no entanto que a resistência cresce com a dosagem de cimento de modo muito aproximadamente linear, na zona entre os 200 e os 400 kg de cimento por metro cúbico. Acima dos 400 kg m^{-3} começa a diminuir a taxa de crescimento da resistência até esta atingir o máximo para 100 % de cimento. Abaixo dos 200 kg m^{-3} a resistência deixa de ter interesse para o betão normal — dosagens dessa ordem interessam ao solo-cimento e ao betão sem finos — e decresce lentamente tendendo para zero juntamente com a dosagem.

Na zona de maior interesse para o betão normal (200 a 400 kg m^{-3}) e para pequenas variações de dosagem, pode admitir-se sem grande erro.

$$X = A + BC$$

$$\Delta X = \Delta C$$

A variação da tensão de rotura do betão, em kg cm^{-2}, devida a dosagem de cimento, pode pois considerar-se grosseiramente como sendo igual à variação de dosagem expressa em kg m^{-3}.

A influência da dosagem deverá ser afectada do coeficiente 1.

4.5 — *Qualidades do cimento*

A qualidade do cimento traduz-se, na expressão da resistência referida em 4.4, pelo valor da constante B.

Se a resistência do cimento for medida segundo o «Caderno de Encargos para fornecimento e recepção do cimento portland normal» — Decreto n.º 18 782 — podemos supor que uma variação de qualidade do cimento — expressa em resistên-

cia da argamassa normal — se transmite ao betão pela expressão (1):

$$X_b = BX_c$$

Ensaios realizados com cimentos diferentes a duas idades diferentes — 7 e 28 dias — deram resultados em betão cuja relação era muito aproximada à dos resultados em argamassas. Isto é:

$$\frac{\Delta X_b}{X_b} = \frac{\Delta X_c}{X_c}$$

O valor da constante B será pois:

$$B = \frac{X_b}{X_c}$$

Para os betões e cimentos usados em Angola não será grande erro considerar $B = 0{,}5$ (caso de $C = 300$ kg m^{-3} e $\phi_{máx} = 40$ mm, ou $C = 220$ kg m^{-3} e $\phi_{máx} = 120$ mm).

Teremos então $\Delta X_b = 0{,}5\ \Delta X_c$.

4.6 — *Inertes*

A forma, a qualidade e estado de superfície do inerte podem considerar-se pràticamente constantes numa dada obra, dado que se não mude de pedreira, burgaleira ou areeiro e se mantenha o mesmo sistema de britagem e separação.

No que respeita à granulometria é difícil considerar a sua influência. Essa influência é dupla: por um lado faz variar os vazios do betão; por outro modifica-lhe a trabalhabilidade. A fim de a poder ter em conta considere-se o seu índice ponderado (Faury) e admita-se que a variação de resistência do betão por flutuação de granulometria é igual à que resulta de variar o diâmetro máximo.

Particularizando, para o caso de um betão que nos foi dado controlar, admitimos que uma variação de 0,1 no índice, se traduzia numa variação de 60 kg cm^{-2}.

$$\Delta X = -600\ \Delta_i$$

4.7 — *Água*

A água de amassadura intervém nas fórmulas de resistência duma maneira inversa à da dosagem do cimento.

(1) Efectivamente a relação não é linear, antes se supõe tratar-se de uma parábola do 3.º grau, que na zona normal de utilização se afasta lentamente da recta.

Sabe-se que as variações da resistência com a dosagem de água acompanha de muito perto uma curva teórica resultante da baridade sólida do betão (peso por metro cúbico dos sólidos do betão) isto enquanto a energia de compactação utilizada é capaz de levar essa baridade a um máximo compactável com os volumes de materiais em jogo (o volume de vazios anda em regra por 20 a 30 l por metro cúbico no betão corrente; no betão arejado o volume de ar é de 40 litros normalmente).

Logo que essa energia de compactação não consegue reduzir o ar aos 20 ou 30 litros, a resistência começa a afastar-se da curva indicada, crescendo lentamente até um máximo de resistência, para em seguida descer de forma muito mais rápida do que a sofrida anterior.

A forma de curva é pois constante. O ponto onde a curva real se afasta da curva teórica é que depende do tipo de betão (inertes e dosagem), da peça a fabricar e dos meios de compactação).

No betão corrente, e dentro dos limites usuais da variação da água, pode considerar-se:

$$X = h + k\frac{1}{A}$$

$$\Delta X \simeq \frac{k}{A^2}\Delta A$$

sendo h e k constantes dependentes do betão que se está a utilizar.

Particularizando, pode ter-se $\frac{k}{A^2}$ entre 1 e 2 conforme o betão e a sua fluidez, devendo utilizar-se os valores maiores para maiores resistências e misturas mais secas; em média $\Delta X = 1{,}5\ \Delta A$.

4.8 — *Amassadura, compactação e ensaio*

Sabe-se que a média das dispersões da resistência dentro de uma mesma amassadura, em amassaduras sucessivas, oscila entre 5 e 12 % conforme os casos.

Esta variação corresponde exclusivamente a diferenças entre provetes, que resultam de:

— heterogeneidade das parcelas de betão de uma mesma amassadura;
— flutuações da compactação (utilizada na execução dos provetes;

— diferenças geométricas dos provetes, incluindo paralelismo e desempeno das faces;
— condições de execução dos ensaios.

A variação referida abrange portanto as flutuações do betão dentro de cada amassadura, e as do ensaio (desde que se estejam a respeitar certas regras elementares tais como, por exemplo, velocidade de ensaio e acerto dos provetes na máquina, e se utilize sempre a mesma máquina de ensaio).

O valor do desvio padrão correspondente poderá ser determinado pelo processo indicado em 5.2.

4.9 — *Diversos*

A influência do transporte é difícil de avaliar, bem como a da cura dos provetes. Não nos parece que exista um processo expedito que não seja o de avaliar a sua influência pela diferença que se achar entre a flutuação global devida aos factores anteriores e a flutuação total verificada.

Naturalmente não se poderá determinar a influência da compactação e da cura em obra pelas razões apontadas em 4.2.

Variações no tempo de amassadura podem ser fàcilmente reduzidas a um mínimo insignificante no que se refere a dispersões de resistência, o que sempre será melhor que permitir a sua existência e considerá-las depois no cálculo.

4.10 — *Desvio quadrático médio do betão de um dado estaleiro*

Este desvio pode agora ser calculado pela expressão:

$$D_b^2 = \Sigma\, k_i\, D_i$$

onde:

D_b — desvio quadrático médio do betão
k_i — coeficiente que toma os valores:
— 0,5 para a qualidade do cimento;
— 600 para a granulometria do inerte (avaliada em índice ponderal de Faury);
— 1,5 para a quantidade de água;
— 1 para (i) dosagem de cimento, (ii) amassadura e ensaio e (iii) diversos factores não identificados.

D_i — desvio quadrático médio dos valores de cada um dos parâmetros atrás referidos;
— qualidade de cimento medida em argamassa normal, kg cm^{-2}
— quantidade de água, l m^{-3}
— (i) amassadura, (ii) ensaio e (iii) diversos factores, medidos em desvio do betão.

A expressão do desvio quadrático médio total do betão mostra que este é grandemente influenciado por qualquer parâmetro que se encontre fora de controle, e depende fundamentalmente das dipersões elevadas.

No caso de se verificar que algum dos parâmetros apresenta um desvio quadrático médio que, depois de afectado pelo respectivo coeficiente, sobressai dos restantes, deve procurar-se reduzi-lo até que a sua influência seja compatível com a dos outros. Por outro lado, não tem interesse diminuir muito uma das flutuações se as restantes lhe permanecem superiores. Note-se que basta que o desvio quadrático médio de um parâmetro, depois de afectado do respectivo coeficiente, seja 3 vezes menor que o dos restantes para ser desprezível, visto que o seu peso será 3^2 vezes menor, ou seja cerca de um décimo.

Qualquer controle deverá atender a estas considerações para que os seus esforços sejam efectivamente rendosos com economia.

5 — Fixação do controle do betão

5.1 — Admitindo que o controle do betão é feito por meio de ensaio de cubos à compressão, haverá que utilizar-se uma inspecção por amostragem.

Na divisão em lotes o critério terá de ser o de evitar tanto quanto possível que cada lote seja heterogéneo.

Não sendo viável realizar ensaios de cada amassadura, convém que estes se refiram a cada período de trabalho, ou se o seu número ainda for excessivo em face do volume da obra, os lotes deverão ser constituídos pelo betão realizado num dia, em dois ou numa semana.

Fixada a periodicidade da colheita de amostras, por razões económicas (custo da inspecção) e de necessidade de informações sobre o produto (conhecimento mais ou menos seguro do betão fabricado), esta será mantida rigorosamente.

As amostras serão porém colhidas ao acaso dentro de período fixado.

Dois tipos de informações se podem obter com as amostras colhidas:

a) — flutuação dentro de cada amassadura;
b) — flutuação entre amassaduras.

A flutuação total é naturalmente o conjunto destas duas flutuações.

5.2 — *Flutuação dentro de cada amassadura*

5.2.1 — Para se ter a flutuação referida em a), na altura da colheita da amostra, terão de se encher mais de um cubo de uma mesma amassadura. É usual encherem-se três cubos.

Note-se que este procedimento tem dupla vantagem. Por um lado permite reduzir de $\sqrt{3}$ a influência da dispersão a) (o coeficiente de variação C_3 da média de 3 cubos é $C_3 = \frac{C_1}{\sqrt{3}}$, sendo C_1 o coeficiente de variação de cubos isolados). Por outro, permite conhecer a referida dispersão, o que é ainda mais importante, pois é possível entrar com ela na apreciação dos resultados e no julgamento do betão fabricado (4.8).

O desvio quadrático médio dentro de cada amassadura numa série de amassaduras consecutivas pode ser obtido através das diferenças entre os valores extremos (maior e menor) das resistências obtidas em cubos de uma mesma amassadura.

Sejam $X_{i1}, X_{i2} \ldots X_{im}$ as resistências determinadas para os cubos da amassadura i, ordenadas em ordem crescente.

A diferença máxima (1) entre valores individuais, é $A_i = X_{im} - X_{i1}$. A média das diferenças máximas para *n* amassaduras é:

$$\overline{A} = \frac{\sum_{i}^{m} \left| X_{im} - X_{i1} \right|}{n}$$

O valor do desvio padrão das resistências individuais é $D = \frac{\overline{A}}{d_m}$, proporcional portanto à média $\overline{A}$ das amplitudes.

O coeficiente d_m depende do número *m* de cubos por série, e pode ser obtido no quadro 2.

(1) Amplitude, em inglês rauge.

Igualmente se pode conhecer o valor de D para a média dos *m* cubos.

$$D_m = \frac{D}{\sqrt{m}} = \overline{A} \frac{1}{d_m \sqrt{m}}$$

Este tipo de cálculo é muito rápido, sendo a informação que fornece, de segurança crescente com o número *n* de amassaduras consideradas.

Se se considerar só uma amassadura, a precisão da informação obtida é cerca de 7 vezes menor que se se considerarem 2 amassaduras. Essa informação aumenta para cerca de 11 vezes se forem 3, 16 vezes se forem 5, 20 vezes se forem 10, 23 vezes se forem 20 e 24 vezes se forem em número indefinido. Isto mostra que só a partir de 5 amassaduras se obtém uma informação de alguma segurança, e que a partir de 20 amassaduras já se obtém uma informação de precisão pràticamente uniforme.

É usual considerarem-se 5 amassaduras para uma primeira informação e 25 amassaduras para uma informação definitiva.

5.2.2 — Repare-se ainda que se pode obter a dispersão dentro de uma amassadura ensaiando um elevado número de cubos, e determinando directamente D (1).

Obtém-se deste modo o valor do desvio quadrático médio dentro de uma única amassadura e não dentro de uma amassadura numa série de amassaduras.

Mesmo admitindo que os valores do desvio coincidam pràticamente nos dois casos, a informação obtida com um grande número de amassaduras acaba por ser mais segura que a obtida com uma única, embora os valores de A estejam sujeitos a grande dispersão.

(1) Não deve confundir-se o desvio quadrático médio de uma série de ensaios com o desvio quadrático médio da população

$$D = \frac{\sum_{i}^{m} \left| X_i - \overline{X} \right|}{m - 1}$$ desvio quadrático médio de m ensaios

$$D' = \frac{\sum_{i}^{n} \left| X_i - \overline{X} \right|}{n}$$ desvio quadrático médio de uma população de n elementos

A sua diferença decresce com m, e só a partir de m = 100 é desprezível. Em todo este artigo se considera porém o desvio D', calculado com o divisor *m*.

O primeiro tipo de cálculo, a partir de A, deve utilizar-se durante o contrôle. O segundo tipo — execução de uma amassadura com o fim exclusivo do cálculo da dispersão — deve usar-se provisòriamente antes do início da obra, para conhecimento das condições do estaleiro.

5.3 — *Flutuações entre amassaduras*

Durante a execução de uma obra, o consumidor tem necessidade de verificar se a produção corresponde ao especificado, ou de a conhecer se à priori não foi fixada.

Para esse efeito dividirá o conjunto dos ensaios que for realizando em grupos racionalmente estabelecidos, correspondendo a cada grupo um certo número de amostras colhidas.

Se outras razões não houver, pode considerar-se cada grupo constituído pelo betão correspondente a cinco amostras. Este número, dá informações de razoável segurança e já com uma certa rapidez de actuação.

Ao fim do ensaio dos primeiros cinco grupos calcule-se a média geral $\bar{\bar{X}}$ e a média $\bar{A}$ das amplitudes A_a das amostras dentro de cada um grupos:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{5} \Sigma \bar{X}_a \qquad \bar{A}_a = \frac{1}{5} \Sigma A_a$$

Deve atender-se à diferença entre amostras e cubo. Cada amostra é o conjunto de 3 cubos, e a média desses valores é que representa o valor da amostra. A amplitude A dentro de uma amostra é pois um valor diferente da amplitude A_a entre amostras dentro de um grupo.

O desvio padrão e o coeficiente de variação das amostras são dadas por:

$$D_a = 0{,}43\ \bar{A}_a \qquad C_a = D_a / \bar{\bar{X}}$$

O desvio padrão e o coeficiente de variação dos grupos são dados por:

$$D_g = 0{,}19\ \bar{A}_a \qquad C_g = D_g / \bar{\bar{X}} \qquad D_g = D_a \sqrt{5}$$

Estes coeficientes juntamente com a média $\bar{\bar{X}}$ permitem calcular o valor de X para a probabilidade p_i (ver 2.4) e verificar se está ou não nas condições desejadas.

5.4 — *Cartas de controle*

Admitida uma dada produção, há que estabelecer as cartas de controle para verificar se ela se mantém ou não, isto é, se a flutuação verificada pode ser atribuída exclusivamente ao acaso.

As cartas a estabelecer são as seguintes:

a) cubos
- (i) resistências individuais;
- (ii) amplitudes dentro de cada amostra (três cubos por amostra).

b) amostras
- (iii) resistências médias de cada amostra;
- (iv) amplitude das resistências médias de amostras consecutivas, isto é, diferenças entre as resistências médias de cada duas amostras consecutivas.

c) subgrupos
- (v) resistências médias de cada subgrupo (cinco amostras cada);
- (vi) amplitude das resistências médias de subgrupos consecutivos.

Estas cartas de controle são estabelecidas com base nas indicações dos quadros 4, 5 e 6 seguindo-se o critério seguinte.

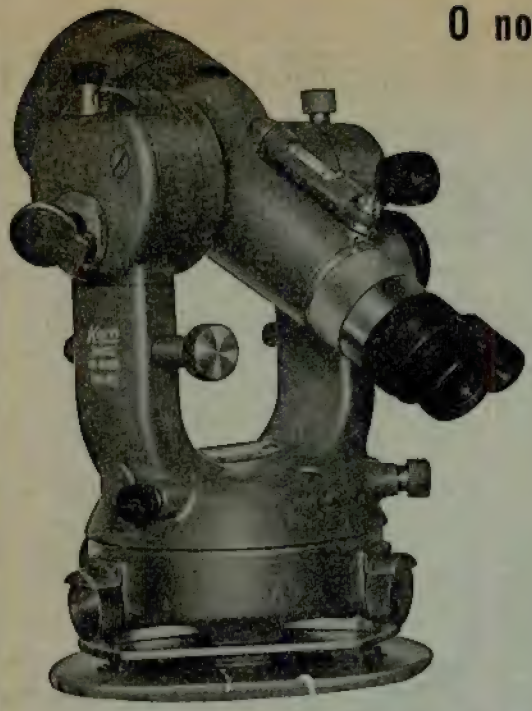
Estabelecem-se cartas de controle para resistências e amplitudes de resistências de cubos isolados de amostras, e de grupos de cinco amostras.

As cartas de amplitude dentro de cada amostra (ii), permitem avaliar das flutuações dentro de cada amassadura. As cartas para amostras e grupos permitem avaliar das flutuações entre amassaduras. As cartas para grupos são convenientes por serem bastante mais sensíveis à variação da qualidade média. As cartas para cubos (i) permitem avaliar da flutuação total.

Todas estas cartas são estabelecidas em dois níveis: nível 2 D, a que correspondem 5 % de probabilidade de um valor fora dos limites; nível 3 D, a que corresponde a probabilidade 0,3 % (1). O primeiro nível, quando atingido, deve pôr o controle de sobre-aviso. O segundo nível deve promover uma observação enérgica e cuidada de toda a produção.

Finalmente os limites são estabelecidos provi-

(1) Os valores correctos são respectivamente, 4,550 % e 0,270 %.



O novo Taqueómetro Auto-Redutor KERN

DK-RT

com mira horizontal e para trabalhos de grande precisão

é um aparelho especialmente apropriado para trabalhos cadastrais pelo método de coordenadas polares mas pode ser usado com grande vantagem em quaisquer outros trabalhos topográficos que requeiram grande precisão e um trabalho rápido.

Para entrega imediata nos representantes para Portugal

Kern AARAU

EMÍLIO DE AZEVEDO CAMPOS & C.ª, L.DA

Casa Fundada em 1854

Rua de Santo António, 137-145 — PORTO
Rua Antero de Quental, 17 — LISBOA

HELIAÇO

NOME E PROCESSO PATENTEADOS

33 a 66 % de economia de peso de ferro

Quilo útil de Heliaço mais barato que o do ferro corrente

42 a 72 % de aumento de eficiência em relação ao aço corrente

Varão redondo de aço de alta resistência para betão armado, torcido e estirado a frio

TRANSFORMADO EM PORTUGAL

Maior aderência que o aço comum. Menores volumes de betão em obra. Maior rapidez de execução. Menor custo do m³ do betão armado

CARGAS DE SEGURANÇA AUTORIZADAS EM PORTUGAL

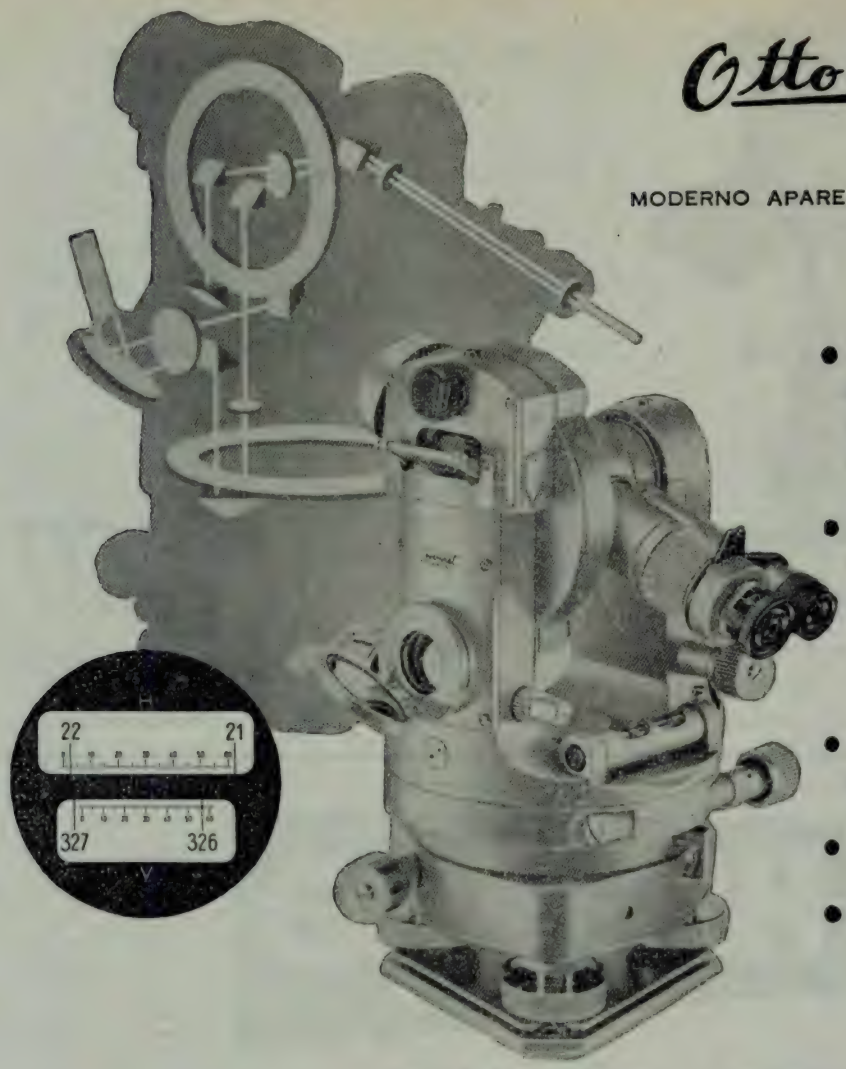
2.000 — 2.200 — 2.400 K cm²

Fornecemos a pedido e gratuitamente Literatura e Tabelas de Cálculo

PEDIDOS A HELIAÇO, LDA.

RUA DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. / LISBOA / TELEFS. 36 78 17 - 21 378

TEODOLITO TAQUEOMÉTRICO FTI



Otto-Fennel

MODERNO APARELHO DISPONDO DE:

- Observação simultânea dos dois limbos pelo microscópio colocado ao lado da ocular da objectiva
- Leitura por sistema directo de 1c e décimos por estimativa
- Leitura do nível vertical por coincidência
- Prumo óptico
- Grande luminosidade

Características ópticas e mecânicas

Telescópio analáctico com lente de focagem interna, retículo medidor de distância, telescópio reversível com o extremo da objectiva.

Constante de adição	zero
Constante de multiplicação	100
Comprimento do telescópio	190 mm
Abertura da objectiva	36 mm
Ampliação	28 x
Distância mínima de mira	1 m
Nível redondo	6' a 8'
Nível de reversão	30"
Nível de horizontalidade paralelo ao eixo de inclinação	40"

Nível junto ao círculo vertical legível por ajustamento da coincidência 40". Passo circunferencial sobre círculos de vidro 360° ou 400 g, de 1° ou de 1 g.

Diâmetro do círculo horizontal 90 mm, do círculo vertical 70 mm

Leitura directa horizontal	1'	1c
Leitura por avaliação	1'	1c
Leitura directa vertical	0,1' = 6"	0,2c = 20cc
Leitura por avaliação	0,2' = 12"	0,25c = 25cc

Pesos: Instrumento 4,7 kg, Tripé com pés extensíveis 6,0 kg, Caixa metálica 4,0 kg

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES

L. DO RATO, 13—TELEF. 66 11 16—7 LINHAS—R. DO OURO, 145—TELEF. 28 36 1

LISBOA

sòriamente a partir do ensaio das cinco primeiras amostras e definitivamente após o ensaio dos cinco primeiros grupos (25 amostras). Para o seu estabelecimento provisório utilizou-se a amplitude A. Para estabelecimento definitivo utilizou-se o desvio quadrático médio, ou padrão, D.

6 — Observação final do betão fabricado

6.1 — Ao fim de 25 amostras (para avaliar mais exactamente do betão que se está a produzir) e no fim da obra (para conhecer o betão fabricado) deve efectuar-se o cálculo de significância das diferenças.

Suponhamos que se previu um betão com $\overline{X}$ e D, e se obteve um betão com $\overline{X}_1$ e D_1 (média e desvio quadrático médio).

Serão as diferenças $\overline{X}_1 - \overline{X}$ e $D_1 - D$ devidas a diferença real dos betões previsto e realizado, ou ao acaso, resultante da própria dispersão D?

6.2 — Para verificar se a diferença $\overline{X}_1 - \overline{X}$ é significativa procede-se do modo seguinte.

Calcule-se

$$\frac{\overline{X}_1 - \overline{X}}{D\sqrt{n}} = t_c$$

onde *n* é o número de valores de que resultou a média $\overline{X}_1$.

Consulte-se uma tabela dos *t*, para infinitos graus de liberdade, ou a fig. 6.

Se t_c calculado é menor que t_i de tabela para a probabilidade p_i isto significa que a diferença tem uma probabilidade inferior a p_i de ser significativa. Usa-se em regra $p_i = 5\,^0/_0$, $1\,^0/_0$ e $0{,}5\,^0/_0$, conforme o grau de segurança que se pretende. E sempre que $t_c < t_i$, diz-se que a diferença não é significativa, e dependerá da própria dispersão.

6.3 — Deve notar-se que se admitiu em 6.2 que o valor de D é conhecido e foi bem estabelecido por um conjunto de ensaios suficientemente numeroso (superior a 100). Caso contrário calcula-se:

$$D' = \sqrt{\frac{n\,D^2 + n_1\,D_1^2}{n + n_1 - 2}}$$

e

$$t_c = \frac{\overline{X} - \overline{X}_1}{D'\sqrt{(n + n_1)/nn_1}}$$

onde *n* é o número de valores usados para calcular X e D (valor de D calculado para o divisor *n* e não n — 1).

O valor de t_i é o correspondente a $n + n_1 - 2$ graus de liberdade.

6.4 — Para verificar se a diferença de variabilidade é significativa procede-se do seguinte modo.

Calcule-se:

$$n\left(\frac{D_1}{D}\right)^2 = \chi^2$$

Consulte-se uma tabela de χ^2 ou a figura 6 para n — 1 graus de liberdade.

Se χ^2 calculado está entre os χ_i^2 para $p_i = 0{,}01$ e $p_i = 0{,}99$ a diferença não é significativa.

Se é superior à que corresponde a 0,01 a variabilidade de betão é significantemente maior que a prevista. Se χ^2 calculado é inferior a χ_i^2 para $p_i = 0{,}99$, a variabilidade do betão é significantemente menor que a prevista.

6.5 — Suponha-se porém que só se conhece a média prevista $\overline{X}$ e o betão fabricado ($\overline{X}_1$ e D_1).

Neste caso, para se verificar se as médias diferem significantemente, calcule-se:

$$t = \frac{\overline{X}_1 - \overline{X}}{D_1/\sqrt{n}}$$

D_1 — calculado neste caso pela expressão:

$$D_1^2 = \frac{\Sigma\,(X - \overline{X})}{n - 1}$$

Se D'_1 é calculado com n no dominador há que corrigir esse valor por $D_1 = D'_1\sqrt{\frac{n}{n-1}}$ (quadro III).

Procura-se t na tabela anteriormente indicada, mas agora para n — 1 graus de liberdade.

6.6 — No caso de $\overline{X}_1$ e D_1 serem significantemente diferentes dos valores previstos, ou só um deles, há que verificar ainda se o betão apresenta uma probabilidade maior ou menor que p_i de consentir valores iguais ou inferiores ao valor X de cálculo (problema 2.4). Só no caso de a probabilidade ser maior é que o betão é de qualidade inferior à prevista e portanto a segurança da obra menor.

Tem-se assim finalmente o conhecimento do betão fabricado e do que há esperar desse betão

QUADRO I

Coeficientes que relacionam os valores médios com os valores para diferentes probabilidades de rotura, e diferentes coeficientes de variação

Coeficiente de variação C_j, %	Valores de X_{ij} para $\overline{X} = 1$ Valores de π_{ij} — Probabilidades de $X_{ij} \leqslant \overline{X} . \pi_{ij}$						Valores de $\overline{X}$ para $X_{ij} = 1$ Valores de $1/\pi_{ij}$ — Probabilidades de $X_{ij} \leqslant \overline{X} . \pi_{ij}$					
	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
1	0,9872	0,9767	0,9691	0,9628	0,9573	0,9524	1.013	1,023	1,033	1,038	1,044	1,050
2	0,9744	0,9534	0,9382	0,9256	0,9146	0,9048	1,026	1,049	1,066	1,079	1,092	1,104
3	0,9616	0,9301	0,9073	0,8884	0,8719	0,8572	1,040	1,075	1,102	1,127	1,146	1,166
4	0,9488	0,9068	0,8764	0,8512	0,8292	0,8096	1,054	1,103	1,141	1,175	1,206	1,234
5	0,9360	0,8835	0,8455	0,8140	0,7865	0,7620	1,068	1,132	1,183	1,228	1,270	1,312
6	0,9232	0,8602	0,8146	0,7768	0,7438	0,7144	1,083	1,162	1,226	1,287	1,344	1,400
7	0,9104	0,8369	0,7837	0,7396	0,7011	0,6668	1,098	1,196	1,275	1,351	1,426	1,499
8	0,8976	0,8136	0,7528	0,7024	0,6584	0,6192	1,113	1,228	1,329	1,424	1,519	1,615
9	0,8848	0,7903	0,7219	0,6652	0,6157	0,5716	1,129	1,265	1,385	1,503	1,623	1,748
10	0,8720	0,7670	0,6910	0,6280	0,5730	0,5240	1,146	1,303	1,447	1,592	1,745	1,908
11	0,8592	0,7437	0,6601	0,5908	0,5303	0,4764	1,164	1,344	1,515	1,692	1,886	2,100
12	0,8464	0,7204	0,6292	0,5536	0,4876	0,4288	1,182	1,388	1,589	1,805	2,049	2,331
13	0,8336	0,6971	0,5983	0,5164	0,4449	0,3812	1,199	1,434	1,672	1,937	2,247	2,624
14	0,8208	0,6738	0,5674	0,4792	0,4022	0,3336	1,219	1,483	1,763	2,087	2,487	2,994
15	0,8080	0,6505	0,5365	0,4420	0,3595	0,2860	1,237	1,536	1,862	2,262	2,777	3,496
16	0,7952	0,6272	0,5006	0,4048	0,3168	0,2384	1,257	1,594	1,996	2,469	3,154	4,201
17	0,7824	0,6039	0,4747	0,3676	0,2741	0,1908	1,278	1,655	2,105	2,717	3,649	5,235
18	0,7696	0,5806	0,4438	0,3304	0,2314	0,1432	1,298	1,721	2,252	3,030	4,399	6,993
19	0,7568	0,5573	0,4129	0,2932	0,1887	0,0956	1,321	1,795	2,421	3,412	5,291	10,460
20	0,7440	0,5340	0,3820	0,2560	0,1460	0,0480	1,344	1,872	2,617	3,906	6,849	20,833
22	0,7184	0,4874	0,3202	0,1816	0,0606		1,392	2,053	3,125	5,494	16,528	
25	0,6800	0,4175	0,2275	0,0700			1,470	2,392	4,385	14,285		
27	0,6544	0,3709	0,1657				1,529	2,695	6,024			
30	0,6160	0,3010	0,0730				1,623	3,322	13,698			
35	0,5520	0,1845					1,811	5,405				
40	0,4880	0,0680					2,049	14,705				

Exemplo 1 — Se $\overline{X}$ (Valor medio) = 198 kg cm^{-2}; C (Coeficiente de variação) = 14 %; o valor da resistência a que corresponde uma probabilidade igual ou menor que 10^{-4} é $X\ (10^{-4}) = 0{,}4792 \times 198 = 95$ kg cm^{-2}.

Exemplo 2 — Se a resistência a que corresponde uma probabilidade de aparecimento igual ou menor que 10^{-4}, for de 95 kg cm^{-2}, se C = 14 %, a resistência média será $\overline{X} = 2{,}087 \times 95 = 198$ kg cm^{-2}.

Gráficos de t e X^2 — Significância de diferenças

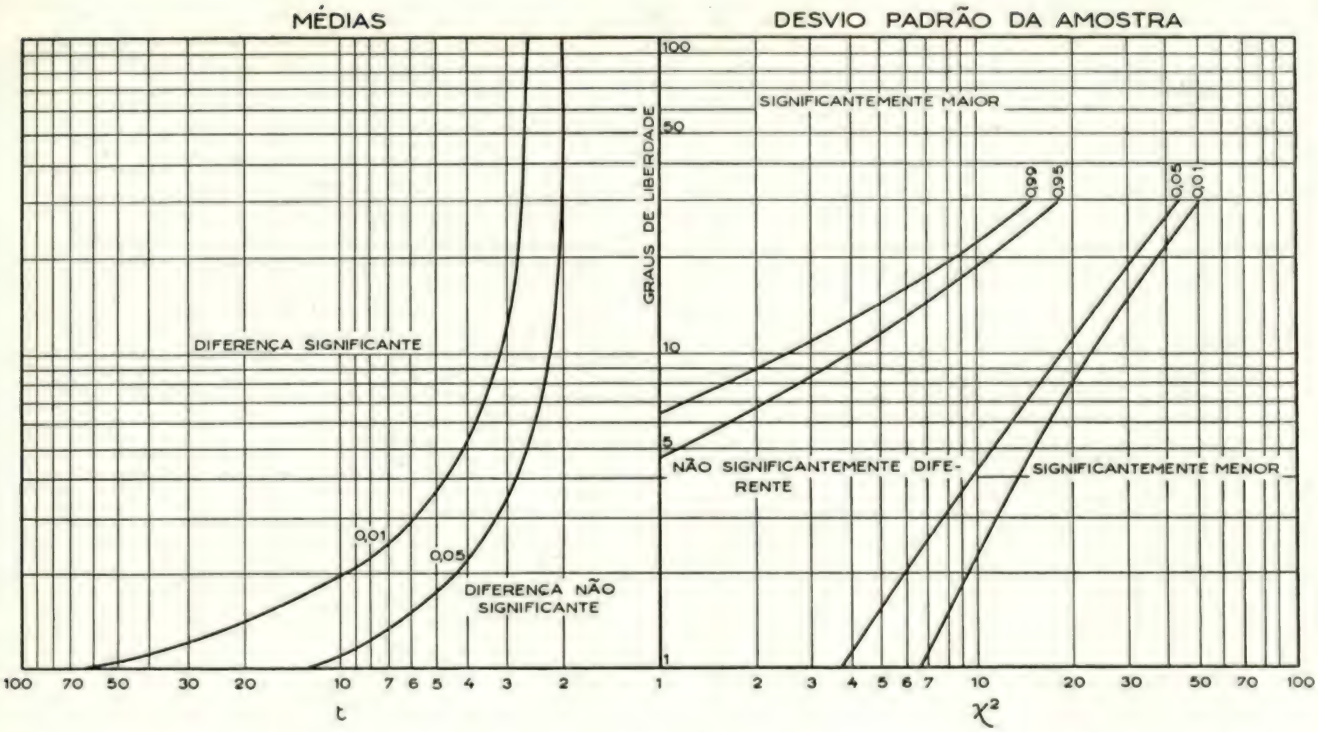


Fig. 6

QUADRO II

Estima de D a partir de A

$$D = \frac{A}{d\sqrt{m}} \quad (1)$$

m	d	1/d	$\frac{1}{d\sqrt{m}}$
2	1,13	0,886	0,627
3	1,69	0,591	0,341
4	2,06	0,486	0,243
5	2,33	0,430	0,192
6	2,53	0,395	0,161
10	3,08	0,325	0,103

(1) Esta expressão refere-se ao desvio da média de uma amostra m valores.

O desvio de cada valor individual é : $D_i = \frac{A}{d}$

QUADRO III

Estima de D' a partir de D

$$D' = D\sqrt{\frac{m}{m-1}}$$

m	$\sqrt{\frac{m}{m\ 1}}$	m	$\sqrt{\frac{m}{m\ 1}}$	m	$\sqrt{\frac{m}{m\ 1}}$
2	1,414	7	1,080	15	1,035
3	1,225	8	1,069	18	1,029
4	1,155	9	1,061	20	1,026
5	1,118	10	1,054	25	1,021
6	1,095	12	1,044	100	1,005

QUADRO IV

Controle preliminar

Condições admitidas no seu estabelecimento

a) Flutuação desconhecida.
b) Amostras de 3 cubos cada (i = 1 a 3).
c) Conjunto de 5 amostras ou sejam 15 cubos (primeiro subgrupo) (j = 1 a 5).

Resistências	
De um cubo	X_{ij}
De uma amostra	$\overline{X}_j = \left(\sum_i X_{ij}\right) : 3$
Do subgrupo	$\overline{\overline{X}} = \left(\sum_{ij} X_{ij}\right) : 15$
Amplitudes	
Dos cubos dentro de uma amostra	$A_{cj} = X_{3j} - X_{1j}$
Média dentro das amostras	$\overline{A}_c = \left(\sum_j A_{cj}\right) : 5$
Entre duas amostras consecutivas	$A_{aj} = \lvert \overline{X}_j - \overline{X}_{j+1} \rvert$
Média da amplitude entre amostras consecutivas	$\overline{A}_a = \left(\sum_j A_a\right) : 4$
Desvio Padrão	
Dos cubos dentro de cada amostra	$D_j = 0{,}5907\ \overline{A}_c$
Das amostras	$D_a = 0{,}8865\ \overline{A}_a$
Total, dos cubos	$D_t = 1{,}0537 \sqrt{\dfrac{\sum_{ij} (X_{ij} - \overline{\overline{X}})^2}{15}}$
Limites de Resistência	
Dos cubos	$\overline{\overline{X}} \pm 2\ D_t$ (1) e $\overline{\overline{X}} \pm 3\ D_t$ (2)
Das amostras	$\overline{X} \pm 1{,}773\ \overline{A}_a$ (1) e $\overline{X} \pm 2{,}660\ \overline{A}_c$ (2)
Limites da Amplitude	
Dos cubos dentro de cada amostra	0 a $2{,}049\ \overline{A}_c$ (1) e $2{,}575\ \overline{A}_c$ (2)
Entre duas amostras consecutivas	0 a $2{,}512\ \overline{A}_a$ (1) e $3{,}267\ \overline{A}$ (2)

(1) Refere-se ao nível 2 D
(2) Refere-se ao nível 3 D

QUADRO V

Controle definitivo

Condições admitidas no seu estabelecimento

a) Flutuação conhecida
b) Amostras de 3 cubos (i = 1 a 3)
c) Subgrupos de 5 amostras ou sejam 15 cubos (j = 1 a 5)
d) Conjunto de 5 subgrupos ou 25 amostras e 75 cubos (5 primeiros subgrupos) (I = 1 a 5)
e) Subgrupos sujeitos a uma flutuação correspondente à que deriva da flutuação das amostras.

Resistências	
De um cubo	X_{ijl}
De uma amostra	$\overline{X}_{jl} = \left(\sum_{i} X_{ijl}\right) : 3$
De um subgrupo	$\overline{\overline{X}}_{l} = \left(\sum_{ij} X_{ijl}\right) : 15$
Média do conjunto	$\overline{\overline{\overline{X}}} = \left(\sum_{ijl} X_{ijl}\right) : 75$
Amplitudes	
Dos cubos dentro de uma amostra	$A_{cjl} = X_{3jl} - X_{1jl}$
Entre duas amostras consecutivas	$A_{jl} = \lvert \overline{X}_{jl} - \overline{X}_{j+1,l} \rvert$
Entre dois subgrupos consecutivos	$A_{l} = \lvert \overline{\overline{X}}_{l} - \overline{\overline{X}}_{l+1} \rvert$
Desvio padrão	
Dos cubos dentro de cada amostra	$D_c = 1{,}382 \frac{1}{25} \sum_{jl} \sqrt{\frac{\sum_{i} (X_{ijl} - \overline{X}_{jl})^2}{3}}$
Das resistências das amostras	$D_a = 1{,}0313 \sqrt{\frac{\sum_{jl} (X_{jl} - \overline{\overline{\overline{X}}})^2}{25}}$
Das resistências dos subgrupos	$D_s = 0{,}4472\ D_a$
Dos cubos no conjunto total	$D_t = \sqrt{\frac{\sum_{ijl} (X_{ijl} - \overline{\overline{\overline{X}}})^2}{75}}$
Limites das resistências	
Dos cubos	$\overline{\overline{\overline{X}}} \pm 2\,D_t$ (1) e $\overline{\overline{\overline{X}}} \pm 3\,D_t$ (2)
Das amostras	$\overline{\overline{\overline{X}}} \pm 2\,D_a$ (1) e $\overline{\overline{\overline{X}}} \pm 3\,D_a$ (2)
Dos subgrupos	$\overline{\overline{\overline{X}}} \pm 2\,D_s$ (1) e $\overline{\overline{\overline{X}}} \pm 3\,D_s$ (2)
Limites das amplitudes	
Dos cubos dentro de cada amostra	0 a 3,469 D_c (1) e 4,358 D_c (2)
Entre duas amostras consecutivas	0 a 2,834 D_a (1) e 3,687 D_a (2)
Entre dois subgrupos consecutivos	0 a 2,834 D_s (1) e 3,687 D_s (2)

(1) Refere-se ao nível de controle 2 D.
(2) Refere-se ao nível de controle 3 D.

QUADRO VI

Controle definitivo

Condições admitidas no seu estabelecimento

a) a *d*) Iguais às referidas no Quadro V;
e) Não considerada no cálculo de D_a a flutuação entre subgrupos.

Resistência	Ver Quadro V
Amplitudes	Ver Quadro V
Desvio padrão	
Dos cubos dentro de cada amostra	Ver Quadro V
Das resistências das amostras	$D_a = 1{,}1894 \frac{1}{5} \sum_{l} \sqrt{\frac{\sum_{j} (\bar{X}_{jl} - \bar{\bar{X}}_l)^2}{5}}$
Das resistências dos subgrupos	Ver Quadro V
Dos cubos no conjunto total	$D_t = 1{,}0537 \frac{1}{5} \sum_{l} \sqrt{\frac{\sum_{ij} (X_{ijl} - \bar{X}_l)^2}{15}}$
Limites	Ver Quadro V

BIBLIOGRAFIA [1]

1 — ACI Commitee 214, Cordon, Bloem, Brown, Clair, Cook, Clendeninnig, Dahl, Elfert, Kennedy, Lindsay, Pratt, Witney — Evaluation of compressive test results of field concrete — *Journal of de American Concrete Institute,* 1955, vol. 27, n.º 3, Novembro, pág. 241.

2 — American Society for Testing Materials — A. S. T. M. Manual on Quality Control of Materials, 1951.

3 — Borel, E. R. Delthell et R. Huron — Probabilités Erreurs — Librairie Armand Colin, Paris, 1954.

4 — Borges, J. Ferry — O Dimensionamento de Estruturas — Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Publicação n.º 54, Lisboa, 1954.

5 — Bureau of Reclamation — Concret Manual — Department of the Interior, Washington, 1955,

6 — Campbell, Allen D. — The Theory of Sampling Applied to Concrete Control — *Civil Engineering and Public Work Review,* 1955, vol. 50, n.º 587, Maio, pág. 525.

7 — Castro, G. e A. J. Fernandes — Sobre a composição de ensaios de qualidade — *Técnica,* 1952, n.º 225, Outubro — Publicação n.º 26 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

8 — Castro, G. — O certo e o aleatório na realidade física — *Memórias da Ordem dos Engenheiros,* 1952, vol. I, fasc. I — Publicação n.º 33, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

9 — Castro, G. — Aspectos estatísticos dos ensaios de recepção — *Boletim de Normalização,* 1953, vol. I, n.ºs 4 a 6. — Publicação n.º 38, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

10 — Castro, G. — Inferência estatística — *Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais,* 1953, vol. XIX, fasc. II — Publicação n.º 45, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

11 — Castro, G. — Teoria da amostragem e estatística matemática. Ensaios de recepção e ensaios de hipóteses — *Revista de Economia,* 1953, vol. II, fasc. III, Junho — Publicação n.º 47, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

12 — Castro, G. — Introdução ao curso sobre instrumentos matemáticos da estatística — *Boletim da Ordem dos Engenheiros,* 1955. — Publicação n.º 70, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

13 — Cavé, R. — Le Contrôle Statistique des Fabrications — Eyrolles, Paris, 1953.

14 — Commitee on the Quality of Concrete in the Field — Wallace, Baker, Collins, Davey, Holbein, Lind, Measor, Sparkes and Stanger — Quality of

(1) Indicam-se exclusivamente as obras consultadas e existentes no Laboratório de Engenharia da D. S. O. P. de Angola. Uma bibliografia mais completa pode obter-se através dos trabalhos aqui referidos.

Concrete in the Field — *Proceedings of the Institution of Civil Engineers,* 1955, vol. 4, n.º 3, Maio, pág. 336.

15 — Coutinho, A. S. — Betão em grandes massas. Suas propriedades e processos gerais de construção — Symposium de Betões em Grandes Massas, 1952, Ordem dos Engenheiros.

16 - Coutinho, A. S. – Estudo e contrôle do betão no estaleiro — *Técnica,* 1955, n.º 250, Março, pág. 327 Publicação n.º 66, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

17 – Cramér, H. — Métodos Matemáticos de Estatística — Aguilar, Madrid, 1953.

18 — Faury, J. — Le Béton — Dunod, Paris, 1947.

19 — Fisher, R. A., y F. Yates – Tablas Estatísticas para investigadores Cientificos— Aguilar, Madrid, 1954.

20 — Garwood, F. — Appendix on the statiscal aspect at the effect of the method of test on the flexural strength of concrete — *Magazine of Concrete Research,* 1952, n.º 11, Outubro, pág. 74.

21 — Guedes, J. Q. V. — O Betão em Grandes Massas. Seu fabrico, transporte e colocação em obra — Symposium de Betões em Grandes Massas, 1952, Ordem dos Engenheiros.

22 — L'Hermite, R. — La résistance du béton et sa mesure — *Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 1949, n.º 62, Fevereiro.

23 — L'Hermite, R. — La résistance du béton et sa mesure — *Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 1950, n.º 114, Janeiro.

24 — L'Hermite — Idées Actuelles sur la Technologie du Béton — *La Documentation Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* Paris, 1955.

25 — Irick, P. E. and J. B. Blackburn — Application of Statistical — Methods to Laboratory Concrete Freeze-Thaw Test Data — *Proceedings of the Higway Research Board,* 1955, 34th anual meeting, pág. 329.

26 — Juran, J. M. — Quality-Control Handbook — Mc Graw-Hill Book Company, 1951.

27 — Kilian, G. — Le contrôle de la qualité des bétons utilisés sur les chantiers des grands barrages — *Annales de L'Institut Techique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 1954, Fevereiro, pág. 159.

28 — Lobo, L. M. P. M. — O betão da barragem de Venda Nova — Symposium de betões em grandes massas, 1952, Ordem dos Engenheiros.

29 — Lossier, H. M. — Risque et sécurité. Le développement hélicoidal de la résistance des matériaux *Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et Travaux Publics,* 1948, n.º 44, Outubro.

30 — Murdock, Leonard Jonh — The Control of Concrete Quality — *Proceedings of the Institution of Civil Engineers,* 1953, vol. 2, Julho, n.º 4, pág. 426.

31 — Nielsen, Knud E. C. — Effect of various factors on the flexural strength of concrete test beams — *Magazine of Concrete Research,* 1953, n.º 13, Agosto, pág. 105.

32 — Nunes, J. M. O. — O betão da barragem de Castelo de Bode — Symposium de betões em grandes massas, 1952, Ordem dos Engenheiros.

33 — Plum, Niels Munk — Quality Control of Concrete — Its rational basis and economic aspects — *Proceedings of the Institution of Civil Engineers,* 1953, vol. 2, n.º 3, Maio, pág. 311.

34 — Prot, M. — Essais statistiques sur mortiers et bétons — *Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 1949, n.º 81, Julho-Agosto.

35 — Rôs, M. — Qualité des matériaux et sécurité dans le Bâtiment ainsi que dans la construction des machines — *Annales de L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 1948, n.º 41, Setembro.

36 — Statistical Research Group, Columbia University—Sampling Inspeclions — McGraw-Hilt, Book Company, New York an London, 1948.

37 — Torroja, E. — La conception et le calcul du coefficient de sécurité dans les constructions en béton armé — *Annales de L'Institute Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 1951, n.º 194, Juin.

38 — Vironnaud, L. — Quelques applications du contrôle statistique aux chantiers du bâtiment — *Annales de L'Intitut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics,* 195, Setembro, pâg. 865.

39 — Williams, T. E. H. — Vibrated concrete and mortar cubes: distribution of compressive strength — *Magazine of Concrete Research,* 1952, n.º 9, Março, pág. 107.

40 — Withey, M. O. — and James Aston — Johson's Materials of Construction — Jonh Wiley & Sons, Inc., New York, 1950.

41 — Wright, P. J. F. — The effect of the method of test on the flexural strenght of concrete — *Magazine of Concrete Research,* 1952, n.º 11, Outubro, pág. 67.

42 — Wright, P. J. P. — Statiscal methods in concrete research — *Magazine of Concrete Research,* 1954, n.º 15, Março, pâg. 139.

43 — Yule, G. Udny, and M. G. Kendall — An Introduction to the Theory of Statistics — Charles Griffin & Company, London, 1953.

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 91,0 % dos totais do País.*

DEZEMBRO

I — Breve nota mensal

Em consequência do regime hidrológico muito seco que se vem verificando desde de Novembro, entrou em funcionamento o apoio térmico, tendo, por outro lado, sido interrompido o fornecimento de energia à grande indústria electroquímica não permanente.

Deve também salientar-se o importante incremento dos consumos permanentes verificado neste mês, e o da produção e dos consumos verificado no conjunto do ano.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1955	1956	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	167,0	158,3	— 5
Produção térmica (P_t)	4,5	19,2	–
Produção total (P_T)	171,5	177,5	+ 4
Cons. electroquímico (C_{eq}) (1)	39,2	20,5	— 48
Cons. permanentes (C_p) . . (1)	124,4	146,4	+ 18
Consumo total (C_T) . . . . (1)	163,6	166,9	+ 2

b) Acumulados desde 1 de Janeiro de 1956

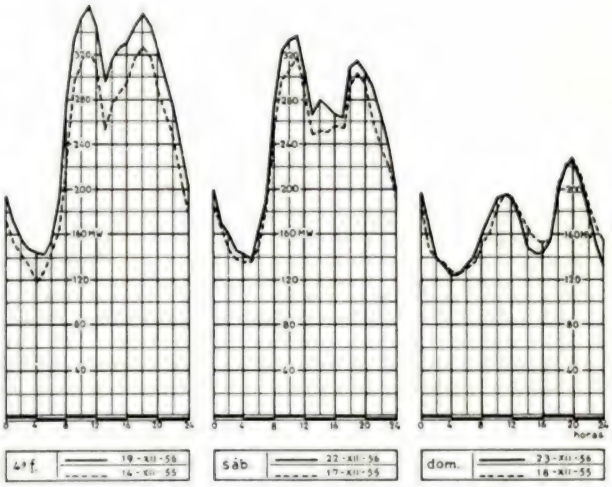
	1955	1956	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	1664,6	1960,2	+ 18
Produção térmica (P_t)	56,7	24,1	— 57
Produção total (P_T)	1721,3	1984,3	+ 15
Cons. electroquímico (C_{eq}) . (1)	347,1	450,5	+ 31
Cons. permanentes (C_p) . . . (1)	1303,9	1455,6	+ 12
Consumo total (C_T) . . . . . (1)	1651,0	1906,1	+ 15

Nota:

(1) Vidé nota referente ao mês de Agosto de 1956.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira:	
	14-12-955	19-12-956
Produção hidráulica (P_h) — MWh	5535	5121
Produção térmica (P_t) — MWh . .	208	1374
Produção total (P_T) — MWh . . .	5743	6495
Utilização da ponta (U) — horas	17,5	17,8
Factor de carga (α)	0,73	0,74
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,36	0,38



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras no fim do mês.

Albufeira	Energia armazenada	
	GWh	% (1)
Venda Nova	27,4	20,9
Salamonde	10,6	38,1
Caniçada	22,0	65,6
Guilhofrei	1,1	12,7
Lagoa Comprida	5,8	19,8
Santa Luzia	6,4	18,8
Cabril	92,8	28,1
Castelo do Bode	105,6	64,3
Pracana	1,7	16,7
Póvoa	5,3 (2)	38,1
Total	280,0	35,1

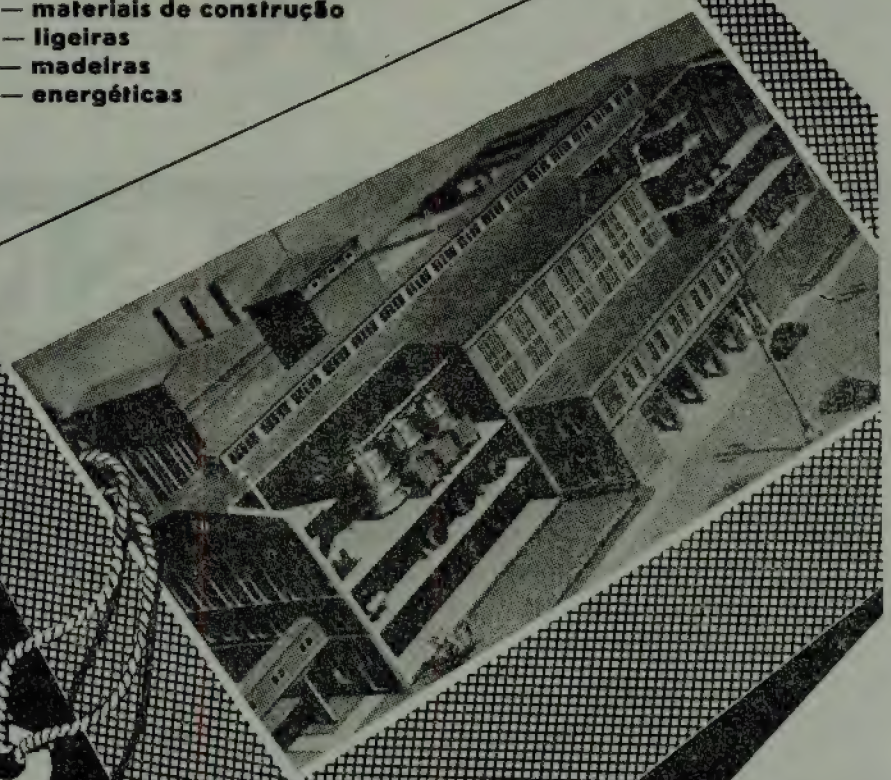
Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras, definido como se indica na nota correspondente ao mês de Agosto de 1956.

(2) Inclui 1,6 GWh armazenados no açude do Poio.

Fornecimento de instalações completas para fábricas das indústrias seguintes:

- alimentar
- metalúrgica e mineira
- química
- maquinaria
- constução civil
- materiais de construção
- ligeiras
- madeiras
- energéticas



CEKOP

EMPRESA DE COMÉRCIO EXTERNO

Mokotowska, 49 — Varsóvia — Polónia

End. Teleg. CEKOP — VARSÓVIA

O campo de actividade da

CEKOP

inclui igualmente:

- elaboração de projectos técnicos e documentação técnica de fabrico
- entrega de material completo de fábricas incluindo todas as máquinas e instalações
- construção e montagem de fábricas sob a vigilância ou direcção de técnicos especialistas
- instrução do pessoal local para ficar apto a garantir o serviço e a conservação das máquinas e das instalações.

UNILENE

Características:

Leveza; grande resistência ao choque, esmagamento e abrasão; boa flexibilidade; grande estabilidade dimensional; perdas de carga mínimas; imunidade à incrustação, insensibilidade às baixas temperaturas; resistência aos ácidos minerais, alcalis e soluções salinas, inatacabilidade por fungos ou roedores. Não tóxico.

Restrições:

A temperatura máxima de serviço contínuo é de 50° C.

Aplicações:

Construção Civil, Indústria Química, Condutas desmontáveis ou fixas para cerveja, agricultura, vinicultura, sulfato para as vinhas, estábulos, nitreiras, centrais leiteiras, sumos de frutos, águas ácidas, água salgada ou calcárea, condutas de água e ar nas minas, pedreiras, etc.

UNILENE

SOCIEDADE FABRIL DE MATÉRIAS PLÁSTICAS

PORTO
RUA DO HEROÍSMO, 291
Tele { gramas UNISOTRA
fone (prov.) 5 2102

LISBOA
RUA DA EMENDA, 19
Tele { gramas UNISOTRA
fone 2 0448 - 36 7188 - 36 7489

C. D. U. 624.075:624.074.6

FÓRMULAS DE ENCURVADURA PARA O DIMENSIONAMENTO DE POSTES METÁLICOS

POR JOÃO D'ARGA E LIMA

Engenheiro Assistente do
Laboratório Nacional de Engenharia Civil

1. Introdução

Em prosseguimento do estudo da instabilidade de colunas de secção constante (1) apresentam-se seguidamente algumas considerações referentes ao caso particular das barras de postes metálicos, com a finalidade de recomendar fórmulas de dimensionamento aplicáveis ao caso em questão.

Julga-se no entanto que, com o fim de esclarecer melhor o assunto e confirmar completamente as conclusões alcançadas, havia grande interesse em realizar ensaios sistemáticos de encurvadura de colunas em estruturas reais. Com esse objectivo tem-se feito já alguns ensaios no Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

2. Posição do problema

No que se segue sumariza-se o estado actual do problema em referência, não se fazendo, porém, a sua discussão em profundidade. Essa discussão, ou pelo menos parte dela, está feita no relatório já citado (1).

Como se sabe, esquemàticamente, o problema do dimensionamento pode decompor-se nos problemas de fixação de critérios de ruína, no problema da segurança a exigir e no arbítrio das hipóteses de cálculo.

No caso da encurvadura o critério de ruína tem sido sempre o da inutilização da capacidade de carga da coluna o que se tem traduzido nos esquemas de cálculo em fenómenos de instabilidade ou aparecimento de tensões de cedência. Nota-se assim que o critério baseado no aparecimento de tensões de cedência não se distingue na sua finalidade do baseado na instabilidade, pois a sua eficiência resulta apenas de se admitir que o aparecimento de tensões de cedência corresponde à instabilidade da coluna.

A fixação da segurança a exigir encontra no problema da encurvadura elementos novos a considerar e que derivam da influência decisiva que têm, neste caso, certos factores tais como defeitos, excentricidade de cargas e curvaturas iniciais.

Atendendo a estes factores distinguem-se no dimensionamento de peças à compressão dois critérios de dimensionamento que impõem diferentes condições de segurança. Um dos critérios é estabelecido em relação a *colunas perfeitas* e outro estabelecido em relação a *colunas imperfeitas*. O primeiro resume-se num aumento judiciosamente arbitrado dos coeficientes de segurança normais do dimensionamento das peças à flexão e tracção; o segundo critério corresponde a um arbítrio com base experimental dum defeito (curvatura inicial, por exemplo) ou defeitos que influenciem a encurvadura da coluna.

Finalmente a fixação das hipóteses em que se apoia o processo de determinação das forças exteriores que provocam a ruína está, como se compreende, ìntimamente ligada com os critérios adoptados de ruína e de segurança. Ter-se-á, assim, por exemplo, um cálculo elástico de colunas com curvatura inicial, se o critério de ruína for o de aparecimento de tensões de cedência e o critério de segurança for estabelecido em relação a colunas imperfeitas.

Haverá, no entanto, que fazer nesta fase do dimensionamento outras hipóteses respeitantes às ligações da coluna em estudo o que condicionará o processo de cálculo.

As hipóteses de ligação admitidas têm sido, segundo os casos, *a articulação, o encastramento* e *ligações contínuas*. Nesta última hipótese o efeito da continuidade tem sido normalmente traduzido pela introdução no cálculo de *comprimentos de encurvadura efectivos*, valores geralmente arbitrados com base experimental.

A consideração rigorosa da continuidade das ligações é relativamente moderna (2) (3) e pen-

sa-se que as suas hipóteses têm principalmente contra-partida real no caso de estruturas soldadas.

Visto assim sumàriamente o problema do dimensionamento de colunas na sua generalidade, diga-se que o caso dos postes para linhas de alta tensão apenas particulariza o problema no que se refere a valores a arbitrar no estabelecimento das hipóteses de cálculo. Este assunto é retomado em pormenor no artigo seguinte, procurando-se fixar esses valores de forma a obter fórmulas de cálculo bem definidas.

3. Processos de dimensionamento

Faz-se seguidamente a análise de alguns processos e fórmulas de dimensionamento.

No estabelecimento dessas fórmulas supõe-se que o módulo de elasticidade do aço é de $E = 21.000$ kgmm^{-2} e que se trata de A—37, portanto com uma tensão de cedência de $\sigma_c = 24$ kgmm^{-2}.

No entanto no estabelecimento do processo de cálculo indicado na alínea a) o módulo de elasticidade do aço foi tomado igual a 21.500 kgmm^{-2}.

a) *Dimensionamento elástico de colunas com excentricidade inicial* — Este processo de dimensionamento é o que se preconiza nas conclusões do relatório do L. N. E. C. já citado em que se apresentam várias curvas para aplicar a diferentes casos (fig. 1), havendo uma delas que en-

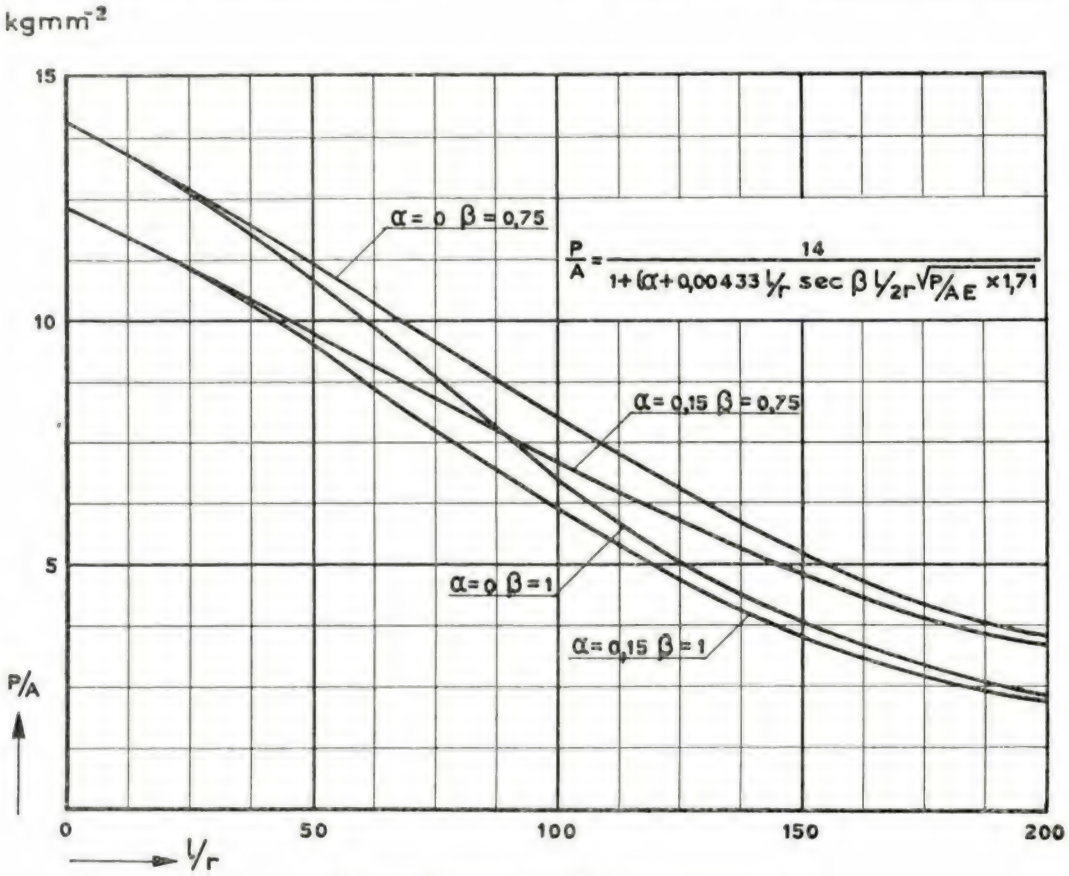


Fig. 1 — Curvas de tensões de segurança

Curva $\alpha = 0$ $\beta = 1$ — Colunas articuladas axialmente carregadas.

Curva $\alpha = 0$ $\beta = 0{,}75$ — Colunas de pequena rigidez relativamente à rigidez dos apoios (Ex. Estruturas metálicas para aeromotores, postes para linhas de alta tensão, antenas etc.)

Curva $\alpha = 0{,}13$ $\beta = 0{,}75$ — Colunas de rigidez média relativamente à rigidez dos apoios (Ex. Estruturas metálicas de edifícios e pontes.

Curva $\alpha = 0{,}15$ $\beta = 1$ — Colunas de grande rigidez relativamente à rigidez dos apoios (Ex. Colunas de estruturas de edifícios com ligações a travessas de contraventamento.)

globa o caso particular dos postes para linhas de alta tensão.

A curva em referência (fig. 1 — $\alpha = 0$, $\beta = 0{,}75$ e fig. 3) corresponde à equação

$$\frac{P}{A} = \frac{14}{1 + 0{,}00433 \frac{l}{r} \sec. 0{,}75 \frac{l}{2r} \sqrt{\frac{P}{AE} \times 1{,}71}} \quad \text{kgmm}^{-2}.$$

Foi obtida a partir do traçado das curvas de equação

$$\frac{P}{A} = \frac{24}{1 + \frac{e}{s} \sec \frac{l}{2r} \sqrt{\frac{P}{AE}}} \quad \text{kgmm}^{-2}$$

para valores de e/s variando de 0 a 1,0 e baseia-se nas seguintes hipóteses:

a) A coluna é de secção constante e rectangular.

b) As «imperfeições da coluna» (excentricidade inicial, curvatura inicial, variabilidade do módulo de elasticidade e da secção transversal) correspondem, para efeitos de cálculo, a considerar uma excentricidade inicial $e = \frac{l}{400}$.

c) A instabilidade da coluna dá-se quando na fibra mais esforçada é atingida a tensão de cedência, no caso presente 24 kgmm^{-2}.

d) A carga de segurança é obtida das cargas de instabilidade, dividindo estas por 1,71, coeficiante de segurança normal da construção de aço macio.

e) O encastramento dos apoios para efeitos de cálculo, corresponde a reduzir, para uma coluna axialmente carregada, o vão real a um vão efectivo dado por

$$L = 0{,}75\, l$$

No que se refere à admissibilidade das hipóteses referidas tem-se que a hipótese a) corresponde a uma aproximação baseada no facto das secções em cantoneira usuais terem um raio do núcleo central da mesma ordem de grandeza do das secções rectangulares com o mesmo raio de giração. A hipótese d) é tradicionalmente admitida e a hipótese c) é pràticamente confirmada por ensaios. Ficam portanto como mais duvidosas as hipóteses b) e e).

Quanto à hipótese b) procurou-se arbitrar um valor baseado na bibliografia mais representativa (Timoshenko, Salmon) e que correspondesse a valores do lado da segurança. Finalmente a hipótese e), posto que frequentemente empregada, não é teòricamente exacta, mesmo admitindo que os encastramentos das colunas usuais correspondem à redução indicada do comprimento real. Trata-se no entanto duma hipótese que, pelo menos, conduzirá a resultados encaminhados no bom sentido.

A fórmula em referência é portanto, apesar da sua complicação analítica, uma fórmula teòricamente aproximada para resolver um caso real que, só aproximadamente também, concorda com o caso teórico admitido. No estado do conhecimento actual, no entanto, considera-se este processo de dimensionamento como equilibrado no que se refere a condições de segurança.

No que diz respeito ao tipo de fórmula apresentado, trata-se dum cálculo elástico em relação a colunas imperfeitas de ligações contínuas, sendo esta continuidade considerada por meio de «comprimentos efectivos».

b) *Dimensionamento por fórmulas de Rankine* — As fórmulas de Rankine são equações da forma

$$\frac{P}{A} = \frac{\sigma_{max.}}{1 + b\,(l/r)^2}$$

ou ainda para cargas de segurança ($\sigma_{max.} = 24$ kgmm^{-2}, $n = 1{,}71$).

$$\frac{P}{A} = \frac{14}{1 + b\,(l/r)^2} \quad \text{kgmm}^{-2}$$

Estas fórmulas originalmente devidas a Tredgold tem uma certa base teórica que se resume no que se segue. A tensão máxima de compressão numa coluna é devida à soma da tensão uniformemente distribuída $\frac{P}{A}$ e da tensão devida à flexão σ_f, ou seja

$$\sigma_{max.} = \frac{P}{A} + \sigma_f$$

mas

$$\sigma_f = \frac{P\,y\,v}{I} = \frac{P}{A}\,\frac{y\,v}{r^2}$$

sendo y a deflexão da deformada.

Portanto:

$$\sigma_{max.} = \frac{P}{A} + \frac{P}{A}\,\frac{y\,v}{r^2}$$

ou

$$\frac{P}{A} = \frac{\sigma_{max.}}{1 + \frac{y\,v}{r^2}}$$

Nesta fórmula, porém, o valor de y é impossível de determinar em função de factores conhecidos. O empirismo das fórmulas de Rankine reside neste facto: o valor de y só pode ser arbitrado com apoio em resultados experimentais.

Rankine propõe:

$$y = C\,\frac{l^2}{h}$$

em que C é uma constante e h a altura mínima da secção.

Será portanto:

$$\frac{P}{A} = \frac{\sigma_{max.}}{1 + C\,\frac{l^2}{r^2}\,\frac{v}{h}}$$

ou ainda

$$\frac{P}{A} = \frac{\sigma_{max.}}{1 + b\,(l/r)^2}$$

que é a fórmula anteriormente escrita.

Trata-se assim, como se viu, duma fórmula empírica pois é necessário arbitrar a constante b que, racionalmente não poderia mesmo ser uma constante pois é função da deflexão do eixo geométrico que há-de, necessàriamente, ser uma função de carga e, portanto, variável com ela.

Compreende-se, em consequência disto, que haja bastante dispersão no valor indicado por diversos autores para valor da constante b.

Para o aço macio (A-37) pode indicar-se a fórmula

$$\frac{P}{A} = \frac{14}{1 + 0{,}0001\,(l/r)^2}\ \text{kgmm}^{-2}$$

Este valor de b = 0,0001 é devido a Emperger, para traduzir os valores mais baixos de experiências de Tetmayer, Christie e outros autores. Pode por isso ser considerada como uma fórmula de cálculo em relação a colunas imperfeitas.

É ainda também muito usada a fórmula de Rankine com a constante de Ritter. Esta constante deriva de se impor que para colunas muito esbeltas a fórmula de Rankine deve coincidir com a fórmula de Euler.

Ter-se-á assim:

$$\frac{P}{A} = \frac{\pi^2\,E}{(l/r)^2} = \frac{\sigma_{max.}}{1 + b\,(l/r)^2}$$

e, desprezando a unidade em presença da soma total,

$$\frac{\pi^2\,E}{(l/r)^2} = \frac{\sigma_{max.}}{b\,(l/r)^2}$$

Donde

$$b = \frac{\sigma_{max}}{\pi^2\,E}$$

e ter-se-há para constante de Ritter no caso de A-37

$$b = \frac{24}{3{,}14^2 \times 21.000} = 0{,}000116$$

e para fórmula de Rankine de cargas de segurança

$$\frac{P}{A} = \frac{14}{1 + 0{,}000116\,(l/r)^2}\ \text{kg mm}^{-2}$$

As fórmulas de Rankine apresentadas anteriormente têm tido grande aceitação, pois são fórmulas simples, que traduzem razoàvelmente resultados experimentais, cujo empirismo se baseia em considerações teóricas aproximadamente certas e que permitem (constante de Ritter) adaptá-las a vários tipos de aço. São no entanto fórmulas de encurvadura de colunas axialmente carregadas com ligações de articulação. A consideração de encastramentos nestas ligações costuma ser feita pela consideração do comprimento efectivo.

No que se refere a aplicabilidades destas fórmulas ao caso dos postes para linhas eléctricas de alta tensão será necessário arbitrar os comprimentos efectivos o que, no nosso País, tem sido feito, em alguns casos, tomando valores de L = 0,5 l no caso de peças com continuidade (montantes) e L = l no caso doutras peças. Estes valores que correspondem a encastramento e articulações perfeitas pensa-se que são teòricamente errados e conduzem a resultados nìtidamente exagerados respectivamente por defeito e por excesso. Na fig. 3 traçam-se as curvas de Rankine referidas a um comprimento efectivo de L = 0,75 l.

c) *Dimensionamento por fórmulas lineares. Fórmula da American Bridge Co.* — Outro tipo de fórmulas empíricas conduzindo também a um dimensionamento em relação a colunas imperfeitas, é o das fórmulas lineares em que as cargas de encurvadura são dadas por rectas de equação

$$\frac{P}{A} = a - b\,\frac{l}{r}$$

sendo a e b constantes dependentes das propriedades mecânicas do material.

A mais conhecida deste tipo de fórmulas é a recta de Tetmayer, e no mesmo princípio se baseiam as fórmulas de T. H. Johnson para as quais as rectas de cargas críticas são tangentes à curva de Euler.

Ambas estas curvas têm base experimental. As rectas de T. H. Johnson, para diversas condições de ligação, passam para $l/r = 0$ sempre pelo mesmo ponto.

Utiliza-se ainda por vezes, e é uma curva deste tipo que se vai considerar seguidamente, uma fórmula linear do tipo das de T. H. Johnson mas em que para $l/r = 0$ a tensão é igual à tensão de cedência do material.

É deste tipo a fórmula recomendada pela American Bridge Company no seu livro Trasmission Towers (4) e que tem a justificação que se expõe seguidamente.

O «Pittsburgh Laboratory of the Bureau of Standards» empreendeu em 1917 o ensaio de compressão de 170 cantoneiras de aço macio (5). Estes ensaios, cujo objectivo era determinar a carga de encurvadura de cantoneiras ligadas nos extremos de modo idêntico às ligações usuais na construção de postes para linhas de alta tensão, foram requeridos e colaborados pela American Bridge Company.

As cantoneiras ensaiadas foram ligadas por parafusos numa só aba ou nas duas abas e por um ou mais parafusos a peças especiais de aço que por sua vez ligavam por parafusos aos pratos da máquina de ensaios. Fizeram-se também para comparação ensaios de colunas com apoios planos simples, sem parafusos.

Durante os ensaios foram medidos os encurtamentos das colunas, as deflexões a meio vão e as cargas máximas suportadas. Determinaram-se também as características mecânicas dos aços.

Os resultados obtidos nos ensaios (cargas máximas) estão sintetizados na fig. 2, reproduzida da publicação citada, em que os pontos representam médias de cargas críticas de várias colunas com os mesmos l/r. As linhas a cheio que unem esses pontos correspondem, cada uma delas, a um tipo de ligação, a saber:

Curvas A — ligação com um só parafuso
— com uma aba cortada
— com as duas abas inteiras
Curvas B — ligação com dois parafusos
— ambos numa aba
— um em cada aba
Curva C — Ligação com dois ou mais parafusos em cada aba
Curva D — ligação de apoios planos simples sem parafusos.

Sobre a mesma figura estão traçadas várias curvas de Euler correspondentes a diversos comprimentos efectivos. Os factores de fixação indicados são dados pela relação entre os comprimentos reais e os comprimentos efectivos.

Em princípio, portanto, é possível concluir da figura que, já tomando em consideração as «imperfeições» usuais das colunas, tais como excentricidades e curvaturas iniciais (os ensaios foram feitos com colunas de perfis de produção corrente), os diversos tipos de ligação correspondem aos seguintes comprimentos efectivos:

— colunas com um só parafuso numa aba

$$L = 0{,}91\ l\ (f = 1{,}1)$$

— coluna com dois parafusos numa aba ou com dois parafusos em cada aba

$$L = 0{,}77\ l\ (f = 1{,}3)$$

— colunas com dois ou mais parafusos em cada aba

$$L = 0{,}67\ l\ (f = 1{,}5)$$

— colunas de apoio simples sem parafusos

$$L = 0{,}53\ l\ (f = 1{,}9)$$

São estas portanto as conclusões mais importantes do trabalho referido.

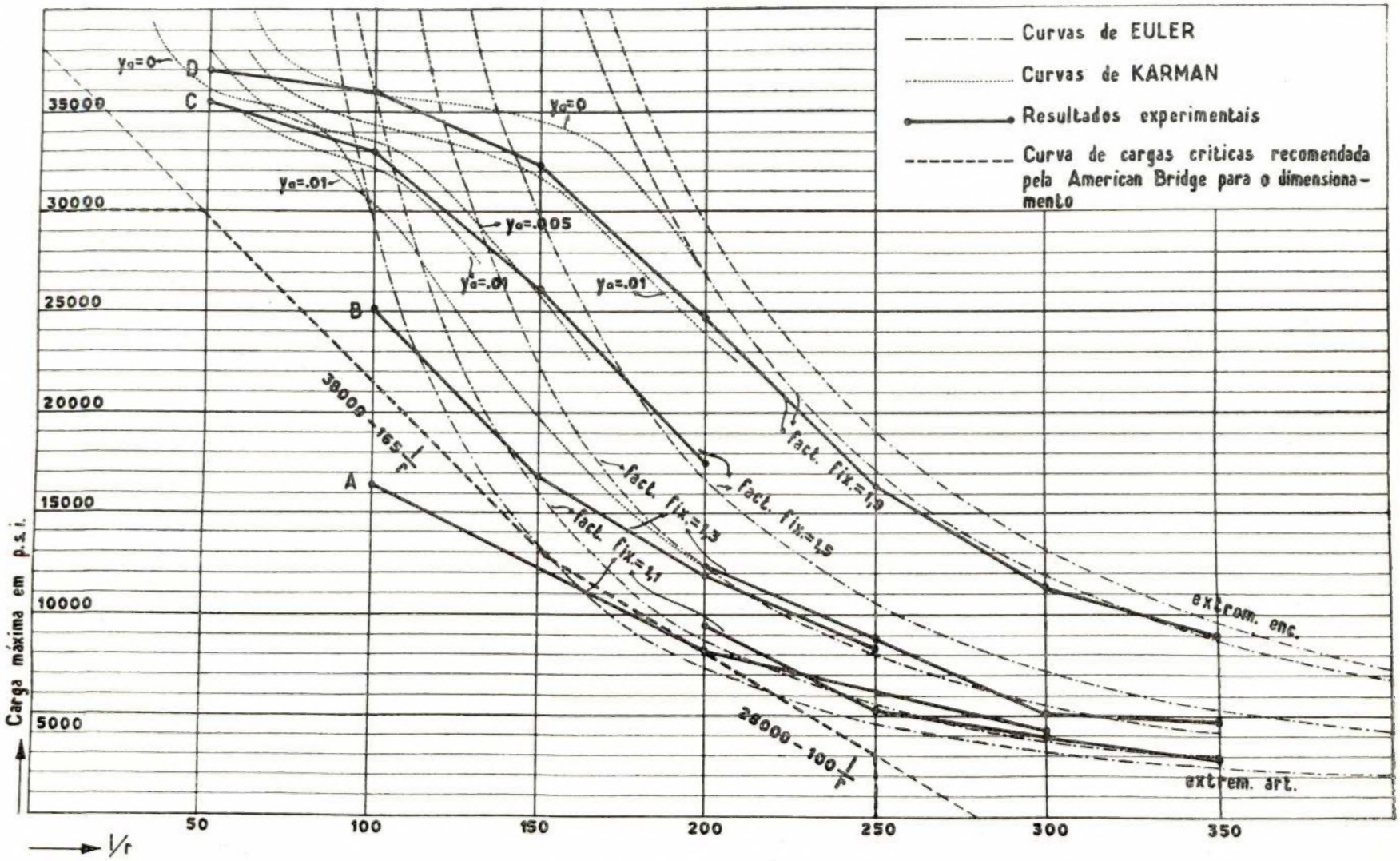


Fig. 2 — Ensaios da American Bridge Company

Pensa-se porém que estas conclusões são pelo menos demasiadamente arrojadas para servirem um dimensionamento, pois basearam-se em ensaios que só de certo modo reproduzem as condições reais de ligação. Na verdade nada interessará ter dois ou mais parafusos de ligação se o conjunto do apoio tiver possibilidade de rodar (caso por exemplo dos montantes de postes de linhas de alta tensão). Por outro lado na figura estão apenas reproduzidos valores médios das cargas críticas, tendo-se de facto obtido uma dispersão considerável e, finalmente, os factores de fixação são obtidos fundamentalmente em relação às curvas de Euler, isto é na região das colunas esbeltas.

Estas considerações invalidam portanto bastante as conclusões anteriores.

Parece que a American Bridge pensou do mesmo modo pois as rectas recomendadas por esta empresa para o dimensionamento (4) são as mesmas para todas as condições, conduzindo a valores inferiores aos obtidos nos ensaios. Essas rectas estão desenhadas a tracejado na fig. 2. Elas são designadas na publicação da American Bridge por «fórmulas do limite elástico» e tem as equações

Troço superior

$$\frac{P}{A} = 38.000 - 765\ l/r \text{ p. s. i.}$$

Troço inferior

$$\frac{P}{A} = 28.000 - 100\ l/r \text{ p. s. i.}$$

As tensões são limitadas superiormente pelo valor 30.000 p. s. i.

São ainda apresentadas para dimensionamento mais 3 grupos de rectas que correspondem a coeficientes de segurança relativamente à anterior aproximadamente iguais a 1,5, 1,9 e 2,0.

A American Bridge Company diz seguidamente que estes coeficientes de segurança têm sido obtidos como mínimos em estruturas reais ensaiadas, dimensionadas pelas fórmulas respectivas, o que justifica a aplicabilidade das fórmulas propostas.

No que se refere ao modo de obtenção da «fórmula do limite elástico» o que tem interesse para poder ser adaptada para outros tipos de aços reconhece-se fàcilmente que o primeiro troço é uma fórmula linear, tangente à curva de Euler para extremidades articuladas e dando para $l/r = 0$ uma tensão igual à tensão de cedência do aço. Com efeito o aço das cantoneiras ensaiadas tinha uma tensão de cedência aproximadamente igual a 38.000 p. s. i. (26,7 $kgmm^{-2}$). Quanto ao segundo troço não se depreende claramente da publicação como foi obtido. No entanto este segundo troço de recta dá para $l/r = 200$ uma tensão ligeiramente superior à dada pela curva de Euler com um factor de fixação de 1,05 ou seja $L = 0{,}95\ l$. Neste segundo troço poder-se-á portanto, sem grande erro, tomar a curva de Euler para extremidades articuladas.

A limitação da tensão máxima é feita por cerca de 80 % da tensão de cedência, o que se poderá justificar por o valor da tensão de cedência tomado como base ser superior aos valores mínimos que esta tensão apresenta no caso dos aços em questão.

d) *Dimensionamento por fórmulas do regulamento alemão e do regulamento italiano* — O regulamento alemão para a construção de postes para linhas eléctricas de alta tensão (6) estipula que o dimensionamento das barras comprimidas seja condicionado pela equação

$$\frac{P}{A} \times w \leqslant \sigma'_s$$

sendo o coeficiente w, coeficiente de encurvadura, função do l/r da coluna, e dado numa tabela publicada no referido regulamento. A tensão fictícia de segurança σ'_s admitida é para as solicitações normais de 16 $kgmm^{-2}$. Por outro lado especifica que para os montantes de postes o comprimento de encurvadura seja o comprimento real das peças (comprimento das barras da triangulação) e para as peças que apoiam sobre estes (travessas e diagonais) seja 0,9 do comprimento real.

Os coeficientes de encurvadura w foram obtidos com base nas considerações seguintes (7):

Admitem-se fundamentalmente dois processos de determinar cargas de encurvadura. O primeiro é um dimensionamento em relação a colunas perfeitas e é dado pela curva de Euler. Em relação a este dimensionamento deve adoptar-se o coefi-